

# Metamodell-basierte Integration von Service-orientierten EA-Referenzarchitekturen

Alfred Zimmermann<sup>1</sup>, Kurt Sandkuhl<sup>2</sup>, Michael Pretz<sup>3</sup>,  
Michael Falkenthal<sup>1</sup>, Dierk Jugel<sup>1</sup>, Matthias Wisotzki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Reutlingen, Architecture Reference Lab, Reutlingen

<sup>2</sup>Universität Rostock, Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik, Rostock

<sup>3</sup> Daimler AG, SOA Innovation Lab, Stuttgart

alfred.zimmermann@reutlingen-university.de

kurt.sandkuhl@uni-rostock.de

michael.pretz@daimler.com

michael.falkenthal@reutlingen-university.de

dierk.jugel@reutlingen-university.de

matthias.wisotzki@uni-rostock.de

**Abstract:** Eine EA-Referenzarchitektur soll die klare „Blaupause“ der effizienten, leistungsstarken und agilen Gestaltung sowie Nutzung von EAM für jedes Unternehmen sein. Heute ist dies nicht der Fall, weil EA-Referenzarchitekturen meist fehlen und die methodische Praxis von EAM meist nur Tool-zentriert ist. Es wird ein origineller Ansatz zur Metamodel-basierten Integration von EA-Frameworks für eine ganzheitliche Service-orientierte EA-Referenzarchitektur neu in die Diskussion eingebracht. Das Problem ist heute, dass es trotz einiger Standards auf dem Gebiet der IT-Unternehmensarchitekturen und vielfältiger EA-Frameworks keine Service-orientierte Referenzarchitektur für Enterprise Architecture Management gibt, die neuere Möglichkeiten des Services & Cloud Computing hinreichend berücksichtigt. Nach mehr als zehnjähriger Entwicklung der Konzepte für EAM – Enterprise Architecture Management und erster praktischer Reife, aber auch einiger Schwierigkeiten im Umgang mit EAM in der Praxis ist die Zeit heute reif, dass künftig klarere Konzepte, Modelle und Werkzeugparametrierungen eine leistungsstarke Basis für die praktische Arbeit von EAM-Architekturen ermöglichen. Unser Ansatz formuliert - in der Art eines Durchstichs - am Beispiel eines Ausschnitts der Business Architekturen von ArchiMate und TOGAF eine relevante methodische Basis für die Integration auch größerer Lösungskonzepte und ordnet diese zu einer konsistenten und ausbaubaren Grundlage für leistungsstarke EA-Referenzarchitekturen. Unsere innovative Idee der Zusammenführung teils heterogener Architekturkonzepte auf der Basis von EA-Capability-Maps, Metamodellen, Standards, Frameworks und Service-orientierten Ontologien basiert auf eigens entwickelten und bereits erprobten Ansätzen mit Korrelationsmatrizen, weiterentwickelten EA-Metamodellen und auf unserem bisherigen integralen ESARC-Enterprise Services Architecture Reference Cube mit zugehörigen Ontologien, Reifegradmodellen und Patterns für EAM-Diagnostik und systematische Verbesserungen der Architektur.

# 1 Einführung

Informationen und Daten sind heute zentrale Komponenten, die durch eine Vielzahl von mehr oder weniger integrierten Informationssystemen – möglichst konform zu den Geschäftsprozessen – effizient und kostengünstig zu beherrschen sind. Die Vielzahl der funktionalen Möglichkeiten wie auch der Bedarf für neue Informationssysteme nehmen durch neue Technologien wie soziale Netze, mobile Geräte, intelligente Fahrzeuge, neue Büroinformationssysteme und neue Service-Modelle sowie Cloud-Technologien stetig zu. Innovation auf dem Gebiet der neuen Architekturen von Informationssystemen sind oft gepaart mit der Notwendigkeit eines wohldefinierten Enterprise Architecture Managements (EAM) und müssen gleichzeitig auf hohem Niveau beherrscht werden. Die technologischen und geschäftlichen Auswirkungen dieser Vision haben vielfältige Aspekte. Während neue Geschäftsmodelle von neuen Informatiklösungen direkt profitieren und durch diese manchmal erst möglich werden, wird die technologische Beherrschung der Informationssysteme durch neue diversifizierende Faktoren und durch stetig wachsende Architekturen aufwändiger.

EAM für Services & Cloud Computing definiert ein Einsatzfeld des EAM, das sich auf die Erschließung von Potenzialen und das Management von Veränderungen fokussiert, die sich durch die zunehmende Verbreitung von Cloud- und Service-basierten Architekturen ergeben, d.h. hier besteht der Bedarf der Koordination zwischen Strategieranforderungen, neuen Geschäftsanforderungen, technologischen Veränderungen und einer Landschaft von Projekten, Bebauungsplänen und Kostenoptimierungen. EAM kann in Unternehmen auf eine bereits erfolgreiche Einführungsphase, aber auch auf einige wachsende Herausforderungen blicken. Die Welt von EAM ist heute bei vielen Unternehmen noch unklar, liefert einen überschaubaren Nutzen und wird heute häufig auf die Nutzung von EAM-Werkzeugen, bei einem unklaren und daher auszubauenden methodischen Rahmen für die effiziente Entscheidungsunterstützung im Unternehmen, reduziert. Neue komplexere Produkte und Dienstleistungen erfordern eine effiziente und leistungsstarke EAM Funktion. Passend ausgewählte und parametrisierte EAM-Tools sollten durch ergänzende methodische Instrumente und ein geeignetes EAM Wissen bei allen fachlich und/oder technologisch aufgestellten Beteiligten führen. Eine EAM-Referenzarchitektur kann als Grundlage dieser neuen Positionierung von EAM in Unternehmen, aber auch als Handlungsgrundlage für die Weiterentwicklung von EAM-Werkzeugen und Methoden bei Herstellern und Partnern betrachtet werden. Diese Referenzarchitektur muss konsequent auf die neuen Möglichkeiten von Architekturen für Services & Cloud Computing angepasst werden, fehlt aber heute in der Breite des notwendigen Einsatzbereichs.. Im vorliegenden Aufsatz wird der durch Vorarbeiten und einen konkreten Durchstich erprobte Weg zu einer Service-orientierten EA-Referenzarchitektur unter Berücksichtigung von Services & Cloud Computing beschrieben.

Das nachfolgende Kapitel 2 formuliert die innovative Integrationsmethode ESAMI-Enterprise Services Architecture Metamodel Integration. Danach werden die wesentlichen Abschnitte der Metamodell-basierten Integration einer Service-orientierten EA-Referenzarchitektur skizziert. Kapitel 3 beschäftigt sich mit der Korrelationsanalyse der EA-Basismodelle und der Synthese des finalen Architekturmodells. Das Kapitel 4 liefert mit dem ESARC-Enterprise Architecture Reference Cube das kontextgebende Gesamtarchitekturmodell. Metamodelle und Ontologien liefern in Kapitel 5 die exakte Beschreibungsbasis der EA-Referenzarchitektur. Kapitel 6 fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen und formuliert weiterführende Entwicklungen.

## 2 Integrationsmethode

Die eigens entwickelte und hier neu eingeführte Integrationsmethode ESAMI – Enterprise Services Architecture Metamodel Integration – dient der systematischen Zusammenführung von heute heterogenen Basismodellen wie Standards, Frameworks und Metamodelle für EAM und berücksichtigt deren Integration in einer Welt der sich entwickelnden Unternehmensarchitekturen für Service-orientierte Informationssysteme in der Cloud. Die Integrationsmethode ESAMI stützt sich auf einen systematischen Prozess (siehe Abbildung 1) der Korrelationsanalyse und Synthese von wesentlichen Architektur-ressourcen.

Reference Model				Base Capability Models i, j, k, ...				Integration Model													
Viewpoint	Model	Element	Example	Viewpoint	Model	Element	Example	BM <sub>i</sub>	BM <sub>j</sub>	Remarks											

Abbildung 1: Integrationstabelle für Service-orientierte EA-Referenzarchitekturmodelle

Die betrachteten Architekturressourcen werden zum Zweck der Übersicht und leichteren Handhabung zu grobgranularen Aspekten in Form von Architecture Viewpoints mit Views und zugehörigen Architekturmodellen nach [DE09] gruppiert. Der Begriff des Architecture Viewpoints orientiert sich an der Fähigkeit (Capability) der Architekturorganisation und konzentriert sich auf mögliche Architektur-Ergebnisse, Modelle, Sichten für unterschiedliche Beteiligte (Stakeholder) in der Separierung der Betrachtungsaspekte (Concerns). Viewpoints repräsentieren konzeptuelle Geschäftsfunktionen oder Technologiefunktionen sowie Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung und zum Einsatz der Architekturmodelle. Viewpoints können zusätzliche Aspekte wie Qualitätskriterien, Service-Levels, Kennzahlen für ein Architektur-Cockpit, Kosteninformationen, Compliance Kriterien, u. a. bündeln. Ein Viewpoint gruppiert nach dem Standard ISO/IEC 42010 Systems and Software Architecture Description [DE09] eine Menge von Konventionen für die Konstruktion, Interpretation, Nutzung und Analyse von Architekturaspekten. Eine Architecture View ermöglicht die Betrachtung eines Stakeholders gemäß seiner Perspektive oder Interessen auf die Architektur und der im zugehörigen Viewpoint formulierten Konventionen. Zentral für unsere Betrachtung mittels Viewpoints sind einzelne Architekturmodelle, die aus Elementen in Form von Entitäten und Relationen bestehen. Architekturelemente orientieren sich an wesentlichen Architekturkonzepten und deren Beziehungen. Architekturbasismodelle werden durch eine Menge von zusammengehörigen Funktionen für bestimmte Architekturobjekte bestimmt. Architekturmodelle werden durch Graphen (Diagramme) dargestellt.

Der ESAMI-Integrationsprozess setzt auf die zu integrierenden EA-Basismodelle, Frameworks und Standards auf. Ein EA-Framework [DE09] ist eine vorgefertigte Struktur, um eine Unternehmensarchitektur durch sich ergänzende Views stimmig aufzubauen. Folgende Basismodelle sind Gegenstand unserer laufenden Forschung für eine heute noch fehlende leistungsstarke Service-orientierte EA-Referenzarchitektur des SOA Innovation Lab. Heute dominiert noch die Vielfalt der EA-Architekturkonzepte und Frameworks. Diese Vielfalt an Konzepten wollen wir auf einen fundierten Kern für die praxisorientierte Nutzbarkeit der EA-Referenzarchitekturen für Services & Cloud Computing in Unternehmen konsolidieren. Wesentlich für diese Ausrichtung ist der stetig ausbaubare ESARC – Enterprise Services Architecture Reference Cube [Zi11], der ein integrales Architekturreferenzmodell mit 8 Architekturperspektiven (Viewpoints) für die Klassifikation, Diagnostik und Reifegrad-Optimierung von komplexen IT-Unternehmensarchitekturen formuliert. Die beiden hinsichtlich des EAM noch lückenhaften Standards der Open Group TOGAF 9.1 [TG11] und ArchiMate 2.0 [AM12] sind wichtige Orientierungspunkte für eine an Standards ausgerichteten Unternehmensarchitektur und für eine für ergänzende Perspektiven zu erweiternde EA-Spezifikationssprache. Zusätzlich wird gegenwärtig der State of Art zu EAM analysiert und relevante Entwicklungen werden integriert sowie auf den wichtiger werdenden Kontext von Services & Cloud Computing angepasst. Die Capability Maps der EAM-Werkzeughersteller wie alfabet, iteratec, BOC, Troux, u. a. und die Capability-Maps und Metamodelle der Anwendungsunternehmen liefern eine wichtige praktische Basis der verfügbaren Werkzeugmodelle für die zu integrierenden EA-Viewpoint-Modelle und die zu werkzeugagnostische EA-Referenzarchitektur des SOA Innovation Lab. Ergänzend werden auch andere wichtige EA-Frameworks von nationalen und internationalen Behörden und Organisationen integriert [DF09], [MF05], [NF07].

Zunächst werden die zu integrierenden Modelle mittels Concept-Maps in Beziehung zu einander gesetzt. Damit werden die zugehörigen Architekturkonzepte und deren Beziehungen in einer ersten einfachen Modellstruktur explizit dargestellt. Die analysierten Basis-Architekturen werden mittels eines Base Viewpoint Model in einer normierten Struktur abgebildet. Dabei werden die terminalen Viewpoints, d.h. die untersten Sub-Viewpoints, die Architekturmodelle und deren wesentliche Elemente, samt eines (optionalen) Beispiels mittels einer Tabelle erfasst. Aus den einzelnen Base Viewpoint Models wird das EA-Referenzmodell initialisiert und in weiteren Schritten zum integralen EA-Referenzmodell ausgebaut. Danach werden die Korrelationen durch Abschätzung der Abdeckungsgrade der betrachteten Modellelemente der Base-Viewpoint-Modelle bezüglich des Referenzmodells in Form von Analyseindizes erfasst. Die Analyseindizes standardisieren folgenden Ordinalmerkmale: 0: keine Korrelation; 1: geringe Korrelation; 2: mittlere Korrelation; 3: starke Korrelation. Optional können transitive Korrelationsgrade zwischen den betrachteten Basismodellen aufgrund der Min-Funktion je betrachtetem Merkmal einfach ermittelt werden. Wesentlich für das Ziel-Referenzmodell ist die optimierende Veränderung des initialen Referenzmodells nach den Vorgaben eines Viewpoint Integration Models. Dafür werden Integrationsoptionen mit Hilfe von Integrationsindizes als Spezifikation der integralen Referenzarchitektur systematisch bestimmt. Die Integrationsindizes definieren folgende Ordinalmerkmale: r: Element zurückweisen (reject); p: Element teilweise (partially) nutzen; m: Element als führendes Musselement (mandatory) integrieren. Bevor diese Spezifikationen umgesetzt werden können, wird noch die strukturelle Angleichung der Integrationstabellen durch redundanzfreie Architekturmodelle und Elemente benötigt. Dafür werden die Metamodelle der Basisarchitekturen zu einem finalen Architektur-Metamodell synthetisiert. Dieses finale Architektur-Metamodell ist die Basis der konsolidierten Form des EA-Referenzarchitekturmodells mit abschließend angepassten Korrelationsindizes und zugehörigen Integrationsoptionen. Abschließend wird das resultierende Metamodell zu handhabbaren Viewpoint-Maps (Capability-Maps) abstrahiert. Die Architekturkonzepte nach [DE09] und die synthetisierten Metamodelle werden nun in Form von Ontologien der EA-Referenzarchitektur formal repräsentiert und liefern damit eine Basis für standardisierte Architekturkonzepte und für eine ergänzende maschinelle Bearbeitung (Inferenz) sowie Navigation (z. B. für ein maschinell gestütztes Impact-Management) der komplexen EA-Informationen. Ergänzend zur Architektur-Ontologie werden Abbildungsregeln zwischen den Modellelementen der Architekturkonzepte spezifiziert und formal als Architektur-Wissensbasis repräsentiert. Zugehörige Architekturmethoden werden durch einen Katalog von Architekturpatterns für die Entwicklung, Diagnostik und Optimierung von EA-Architekturkonzepten unterstützt.

### 3 Korrelationsanalyse und Synthese der Basismodelle

Das in diesem Abschnitt dargestellte Szenario ist beispielhaft für die Integration von zwei Basismodellen und kann analog auf eine beliebige Anzahl von Basismodellen in einem linear-komplexen Verfahren erweitert werden. Die beiden EA-Basismodelle sind ArchiMate 2.0 [AM12] und TOGAF 9.1 [TG11]. ArchiMate ist die bei der Open Group standardisierte Spezifikationssprache für EAM – Enterprise Architecture Management, während TOGAF der wesentliche EA-Architekturstandard ist. Anhand eines Szenarios der Business Architektur soll die Korrelation und Synthese der beiden Standards mit dem Ziel einer konsistenten Spezifikation einer integralen EA-Referenzarchitektur bearbeitet werden.

Zunächst werden die Konzepte und Strukturen des Business Layer von ArchiMate analysiert und als Architecture-Concept-Map modelliert. Die Architecture-Concept-Map definiert den Aufbau folgender Konzepte des Business Layer Metamodel (siehe Abbildung 2):

1. Business Activator mit den Elementen: Business Actor, Business Interface, Business Role, Business Collaboration, Location.
2. Business Behavior mit den Elementen: Business Service, Business Process, Business Function, Business Interaction, Business Event.
3. Business Information mit den Elementen: Value, Product, Meaning, Business Object, Contract, Representation.

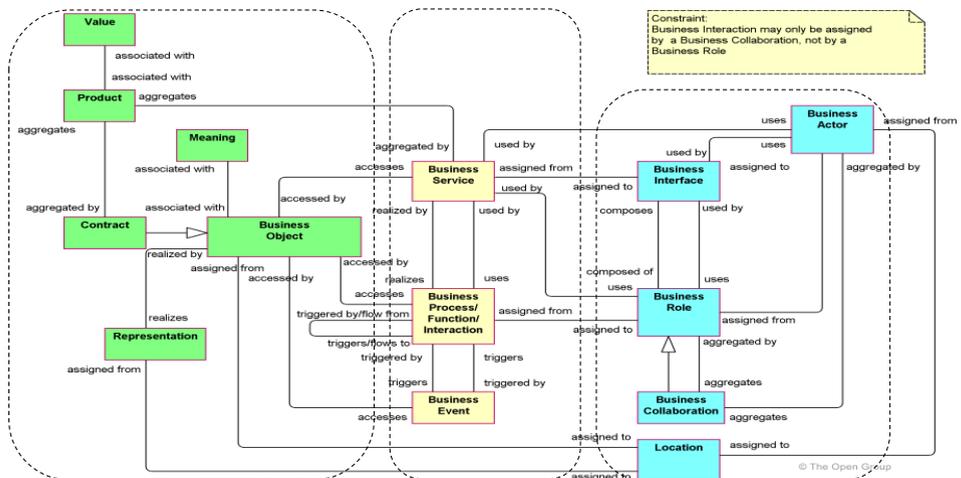


Abbildung 2: ArchiMate 2.0 Business Layer Metamodel

Das zugehörige Base Viewpoint Model des BusinessActor (Abbildung 3) formuliert folgende extrahierten Modellkonzepte: Viewpoint, Model, Element, Example.

<b>Viewpoint</b>	<b>Model</b>	<b>Element</b>	<b>Example</b>
<b>BusinessActivator</b>	<b>BusinessActor</b>	<b>BusinessActor</b>  <b>BusinessRole</b>  <b>Process</b>  <b>Service</b>	<b>BusinessActor =</b> Luggage Insurance Department  <b>BusinessRole =</b> Travel Insurance Seller  <b>Process =</b> take out travel insurance  <b>Service =</b> Offering travel insurance

Abbildung 3: ArchiMate Base Viewpoint Model for BusinessActor

Analog werden aus den Strukturen des TOGAF Metamodells [TG11] passende Strukturen der Business Architecture extrahiert und mit Hilfe folgender Modellelemente am Beispiel des Actors dargestellt: Actor, Role, Organizational Unit, Function, Process, BusinessService, Event, Location. Die zugehörigen Viewpoints orientieren sich direkt am TOGAF Content Metamodel: Motivation mit Driver, Goal, Objective, Measure, der Organisation mit den Modellen: Organizational Unit, Actor, Role, Location, sowie der Function mit den Modellen: Function, Process, Business Service, Event, Contract, Control, Service Quality, Product.

Die Initialversion des EA-Referenzmodells wird zunächst durch die Vereinigungsmenge der zu integrierenden Viewpoint-Modelle definiert. Diese relativ große Menge der EA-Base Viewpoint Models enthält üblicherweise noch Redundanzen und Inkonsistenzen (siehe BusinessActor aus ArchiMate vs. Actor aus TOGAF), die im weiteren Integrationsverfahren bereinigt werden und zum konsolidierten EA-Referenzmodell gemäß (Abbildung 4) führen.

Reference	Reference Model			Correlation Index		Integration Options		Documents			
	Origin	Viewpoint	Model	Element	ArchiMate	TOGAF	ArchiMate	TOGAF	File	Pages	Authors
ArchiMate Specific. and TOGAF Standard	Business Activator	ActorRole	Actor	2	2	p	m	20130505-ESAMI	25-32 87-88		
			Role	3	2	m	m				
			Collaboration	3	0	m	r				
			Organiz. Unit	1	3	p	m				
			Business Function	3	3	p	p				
			Business Event	3	3	m	m				
	Organization	Organization Location	Collaboration	3	0	m	r				
			Organiz. Unit	1	3	p	m				
			Driver	3	3	m	m				
			Goal	3	3	m	m				
			Objective	3	3	m	m				
			Location	3	3	m	m				

Abbildung 4: Consolidated EAM Reference Model: Correlation Analysis and Integration

Der Schlüssel zur konsistenten Zusammenführung der extrahierten EA-Viewpoints ist das gemeinsame Metamodell (siehe Abbildung 5), welches aus den Basis-Metamodellen [AM12], [TG11] durch Synthese und Erweiterung nach den Vorgaben der MOF-Modellhierarchie [MOF06] aufgebaut wurde.

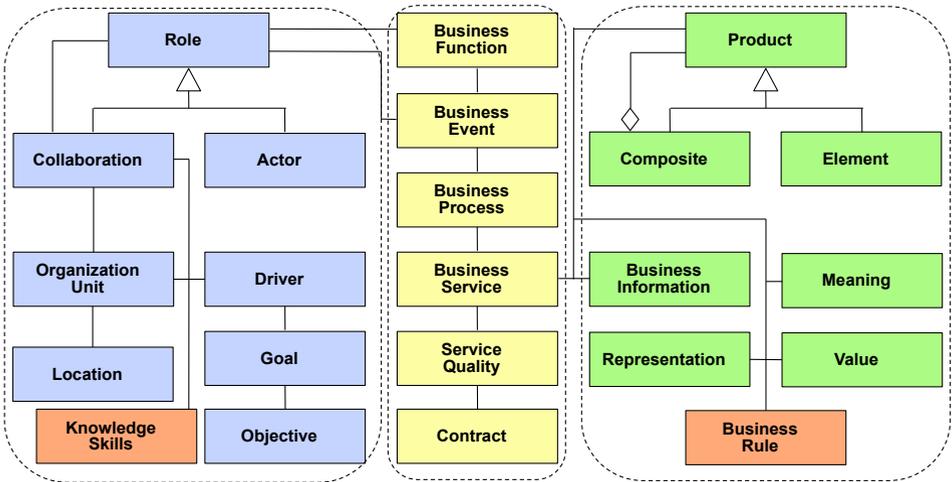


Abbildung 5: Synthesis Metamodel of Business Reference Architecture

Es handelt sich hierbei um die Ebene M2, die wir für die Formulierung der EA-Referenzarchitektur - als Ausprägung der Ebene M3, der EAM-Sprach-Spezifikationsebene, für die synthetisierten Architektur-Referenzmodelle nach der grundlegenden Definition gemäß [Ba11], [MK06], [ES08] gewählt haben. Das neu angepasste und erweiterte EA-Metamodell sieht konsistente Composite Patterns in zwei Varianten für die Services ActorRole und ProductComposite vor. Darüber hinaus wurden alle wesentlichen Konzepte der beiden Metamodelle der Business Architekturen von ArchiMate und TOGAF übernommen und mit den wesentlichen Assoziationen verknüpft. Mit den Konzepten KnowledgeSkills und Business Rules haben wir das grundlegende Metamodell inhaltlich auf mehr Agilität und Intelligenz der zugehörigen Prozesse, Systeme und Lösungen wesentlich erweitert.

## 4 EA-Referenzarchitektur

Unsere Forschungsarbeit baut wesentlich auf vorhergehende Arbeiten wie [Zi11] sowie auf die Grundlagen aus [Ba13], [MK06], [ES08], [OG11] auf. Grundlegend für das Verständnis unseres Ziels einer konsistenten und integralen EAM-Referenzarchitektur ist die Einordnung in eine abstrakte Modellhierarchie gemäß [MOF06]. Referenzmodelle [BA13] und [MK06] dienen als Ausgangspunkt der Architekturüberlegungen und stellen konzeptuelle Modelle einer funktionalen Zerlegung eines komplexen Systems gemeinsam mit den Datenflüssen zwischen diesen Elementen dar. Referenzarchitekturen [BA13] und [ES08] modellieren die zugehörigen Softwareelemente als typisierte Architekturbausteine als Ergebnis einer Pattern-basierten Abbildung der Referenzmodelle zu Softwareelementen. Referenzarchitekturen orientieren sich an den grundlegenden Strukturen der Referenzmodelle und spezialisieren diese unter Berücksichtigung von Qualitätsattributen der unterstützten Software-Systeme. Patterns oder Architekturmuster repräsentieren erprobte Architektur-Rahmenbedingungen und Lösungselemente, so dass ein EA-Architekt sich von einem zum folgenden passenden Lösungsmuster durchnavigieren kann. ESARC – Enterprise Services Architecture Reference Cube – ist ein Architektur-Referenzmodell für ein Service-orientiertes EAM [Zi11], welches eine ganzheitliche Sicht auf Architekturperspektiven ermöglicht.

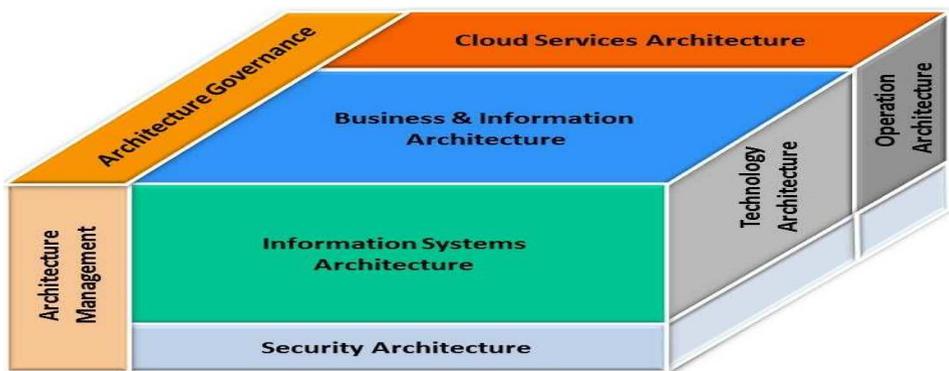


Abbildung 6: ESARC – Enterprise Services Architecture Reference Cube

Genauer ist ESARC ein Klassifikationsmodell, welches für die zyklische Diagnostik und Optimierung von EA-Architekturen nach der grundlegenden Struktur von TOGAF [TG11], essential [Es13] und anderen EA-Frameworks ausgearbeitet wurde. Der Fokus der bisherigen und aktuellen Arbeiten an den acht orthogonalen integrierten Sichten einer Unternehmensarchitektur umfasst folgende ganzheitlichen Viewpoints oder Architektur Domänen: Architecture Governance, Architecture Management, Business & Information Architecture, Information Systems Architecture, Technology Architecture, Operation Architecture, Cloud Services Architecture, und Security Architecture.

Die formale Beschreibungsbasis von ESARC umfasst neben den genannten acht Viewpoints Service-orientierte Schichtenmodelle und für den bisher ausgearbeiteten Fokus der Business & Information Reference Architecture, der Information Systems Reference Architecture und der Technology Reference Architecture entsprechende Metamodelle und Ontologien [Zi12]. Die Business & Information Reference Architecture ermöglicht einen integralen Zuschnitt der einfacher anpassbaren Fachlichkeit durch entsprechende konsistente Modelle, so dass agil parametrierbare Konfigurationen für Produkte und Dienstleistungen eng an den flexibilisierten Strukturen der Service-orientierten Geschäftsprozesse und Kontrollinformationen ausgerichtet werden. Die Information Systems Reference Architecture formuliert in einem an der Business & Information Architecture ausgerichteten geschichteten Service-Architektur wesentliche Arten von Services, die nach einem komplexitätsreduzierten Modell zusammenwirken und die Basis der Lösungsarchitektur für Software as a Service Systeme als auch für bestehende Anwendungssysteme definiert. Passend dazu werden in der ESARC Technology Reference Architecture die Plattformdienste einer Service-orientierten Infrastruktur und Middleware nach einem kongruenten Schichtenmodell formuliert.

## **5 EA-Metamodell und Ontologie**

Metamodelle sind Modelle von Modellen und werden üblicherweise für die Definition der EA-Architekturelemente (siehe auch Abbildung 5) benutzt. Wir nutzen Metamodelle als eine Abstraktion der Architekturelemente und verknüpfen diese mit Architektur-Ontologien. Das OASIS Referenzmodell für Service-orientierte Architekturen [OG10] ist ein abstraktes Framework, welches generische Elemente und deren Beziehungen für Service-orientierte Architekturen definiert. Dieses Referenzmodell ist kein Standard; es beschreibt jedoch ein allgemein gültiges Semantikmodell, welche für unterschiedliche Service-orientierte Implementationen genutzt werden kann.

Dadurch dass bisher Service-orientierte Konzepte nicht für Unternehmensarchitekturen standardisiert werden, benutzen wir die SOA Ontology [OG10] der Open Group als Basis der Ontologie-Entwicklung für unsere Service-orientierte EA-Referenzarchitektur. Der technische Standard der Service-orientierten Architektur-Ontologie [OG10] definiert Basiskonzepte, Terminologien und Beschreibungen der Semantik einer Service-orientierten Architektur für die breite Klasse von Benutzern der Fachlichkeit und der Technologien. In unserem Verständnis repräsentieren Ontologien der Unternehmensarchitektur ein ideales Bindeglied in Form von klar definierten Begriffen durch abgestimmte Vokabularien. Damit wird die Klarheit zwischen den Unternehmensarchitekten selbst, zu den Fachbereichen und auch zu den Systementwicklern und Technologen wesentlich gefördert. Darüber hinaus bieten Ontologien eine ideale Basis für die maschinelle Repräsentation von EAM-Wissen und damit automatische Ableitungsprozesse für bestimmte komplexe interaktive Funktionen des EAM-Werkzeugs. Die heutigen Werkzeuge verfügen über diese Fähigkeiten (noch) nicht und erzwingen eine viel kritisierte komplexe und inkonsistente Bedienung der EAM-Systemfunktionen. Dies ist ein echtes Problem für die von der Komplexität chronisch überlasteten EAM-Architekten und deren CIOs (Chief Information Officer). Unsere zu entwickelnde EAM-Ontologie verfolgt folgende praktische Ziele: gemeinsame Sicht auf die Strukturen der konsolidierten EAM-Referenzarchitektur, Möglichkeit für pragmatisch und effizient ausgerichtete spezialisierte konsistente EAM-Metamodelle und EAM-Capability-Maps der Mitgliedsunternehmen des SOA Innovation Lab, Wiederverwendung und Transfer des Architekturwissens im Unternehmen, konsistente Strukturen, Bausteine, explizite Architekturansforderungen, Separierung und dadurch Vereinfachung der Architekturperspektiven gemäß orthogonaler Architektur-Domänen und Viewpoints.

Die SOA Ontology in [OG10] wurde in der OWL – Web Ontology Language [NG01] repräsentiert. Die Ontology modelliert die Basiskonzepte einer Service-orientierten Architektur mittels Klassen und Eigenschaften. Zusätzlich beinhaltet die SOA Ontology eine Beschreibung der definierten Konzepte und deren Beziehungen, die in Form von UML-Klassendiagrammen als Architektur-Metamodelle formuliert wurden. Diese UML Diagramme sind kompakter und verständlicher zu lesen als der durch XML-Strukturen geprägte OWL-Code. Die beiden Hauptkonzepte der SOA Ontology (Abbildung 7) sind System und Element.

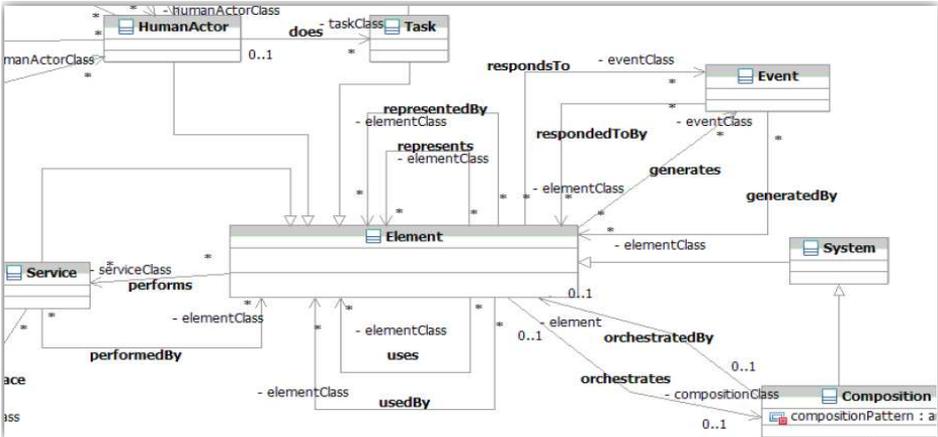


Abbildung 7: Open Group Service-oriented Architecture Ontology

Diese Konzepte „Element“ und „System“ sind generisch und ermöglichen die Komposition von Service-orientierten Systemen durch beliebige Elemente. Der technische Standard der SOA Ontology definiert auch weitere Konzepte wie: HumanActor, Task, Service, ServiceContract, Effect, ServiceInterface, InformationType, Composition, ServiceComposition, Process, Policy sowie Event.

Für die skizzenhafte EA-Ontologieentwicklung erweitern wir das Metamodell der Business Reference Architecture aus Abbildung 5 und verknüpfen dieses durch „is-a“ Relationen mit den generischen Konzepten wie Element oder System der SOA Ontology aus [OG10], die wir in Klammern den Metamodell-Elementen hinzufügen (Abbildung 8).

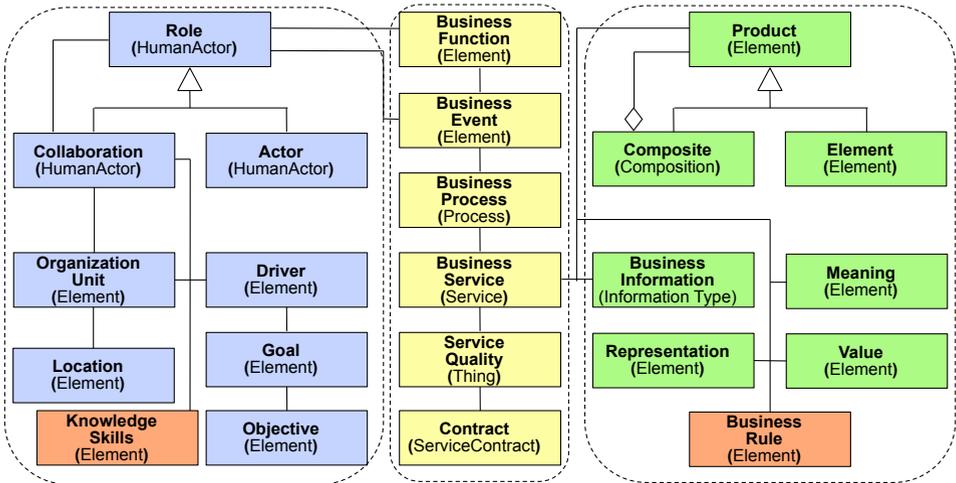


Abbildung 8: SOA Ontology Typed Metamodel of Business Reference Architecture

Wir haben in [Zi12] exemplarisch die ESARC-Ontologie mit dem Ontologie-Editor Protegé [NG01] entwickelt. Die sogenannte „Asserted View“ zeigt dabei die is-a-Beziehungen zwischen den spezifischen Konzepten der ESARC-Business-Architektur und der SOA Ontology Reference Architecture [OG10]. Die terminalen Konzepte der Hierarchie sind spezifisch und auf die Fähigkeiten der EA-Referenzarchitektur individuell ausprägar. Die generischen Konzepte stabilisieren die EA-Ontologie und geben ihr den gewünschten Service-orientierten Fokus. Mit Hilfe der Ontologie der EA-Referenzarchitektur können wir einfacher und klarer im mehrdimensionalen EA-Raum navigieren und durch diese Semantik-Repräsentation der wesentlichen EA-Konzepte diese Navigation der Architekten abschnittsweise automatisch unterstützen und zusätzliche Transparenzfunktionen, wie Erklärungen und Simulationen innerhalb eines neu aufzubauenden Semantik-gestützten Architecture Management Cockpit ermöglichen.

## **6 Schlussfolgerungen und Ausblick**

Das Ziel der in diesem Papier vorgestellten Arbeiten ist eine neuartige Service-orientierte EA-Referenzarchitektur, die nach einer neuartigen Metamodell-basierten Integrationsmethode relevante Standards des State of Art und State of Practice integriert und diese durch eigene Forschungsansätze und praxiserprobte Methoden ergänzt. Die Integrationsmethode ESAMI-Enterprise Services Architecture Metamodel Integration – basiert auf einer in Ausbaustufen entwickelten EA-Referenzarchitektur und auf explizit eingeschätzten Korrelationsfaktoren zwischen den betrachteten Basismodellen und der Referenzarchitektur. Aus den festgestellten Abdeckungsgraden der Standards, Normen, Frameworks, EAM-Capability-Maps der Hersteller und der Anwendungsunternehmen, sowie aus den aktuellen Forschungsergebnissen hin zur EA-Referenzarchitektur folgen gezielte Integrationsoptionen, um die EA-Referenzarchitektur in Ausbaustufen redundanzfrei zu optimieren. Das Integrationsverfahren wurde durch einen Ausschnitt der komplexen Business Architekturen von ArchiMate und TOGAF hinsichtlich der Machbarkeit validiert und auf die ganzheitlich Sicht des ESARC-Enterprise Services Architecture Reference Cube sowie auf zugehörige finale EA-Metamodelle und Ontologien angewendet. Der Weg zu einer konsistenten EA-Capability-Map des SOA Innovation Lab wurde mit einem klaren Fundament von ausbaubaren Instrumenten und Modellen exemplarisch beschriftet, so dass eine umfassende Integration möglich ist.

Integrationsansätze in der Informatik werden häufig mit spezifischen Zielstellungen entwickelt, die ihre Eigenschaften und damit auch Potenziale und Grenzen bestimmen. Die Zielstellung des ESAMI-Ansatzes wurde in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich dargestellt und lässt sich in der Meta-Modell basierten Integration relevanter Ansätze des EAM zum Zwecke der Bildung einer Referenzarchitektur zusammenfassen. Damit ist also das Ziel verbunden, die Gemeinsamkeiten bestehender Architekturmodelle zu beschreiben und so darzustellen, welche Inhalte ein Architekturmodell auf diesem Gebiet haben sollte. Bei der Erarbeitung einer Referenzarchitektur können unterschiedliche Strategien eingesetzt werden, wie beispielsweise die Integration der Basismodelle durch Transformation oder durch Abstraktion. Beim transformierenden Ansatz würden die verschiedenen Meta-Modelle der Basismodelle in das Meta-Modell der Referenzarchitektur überführt werden, d.h. es bedarf Abbildungen oder Transformationsvorschriften zwischen Basismodellen und Referenzarchitektur. Bei der Abstraktion wird ein übergreifendes, umfassendes neues Meta-Modell geschaffen, in das die verschiedenen Basismodelle eingeordnet werden. Wie in Kapitel 2 dargestellt, verfolgt der ESAMI Ansatz die Strategie der Abstraktion, nicht der Transformation. Der Anspruch der entwickelten Referenzarchitektur ist es also nicht, zwingend eine automatisierbare Transformation von den Basismodellen in die Referenzarchitektur zu erreichen. Die Abstraktion kann ferner den Effekt haben, dass gewisse Details der zugrunde liegenden Basismodelle in der Referenzarchitektur in anderen Elementen aufgehen und damit nicht vollständig und mit derselben Semantik in der Referenzarchitektur repräsentiert sind.

Aus den skizzierten Lösungselementen folgen interessante weiterführende Themen für EA-Referenzarchitekturen: Ausrichtung auf strategierelevante Kosten- und Optimierungsthemen, Unterstützung organisatorischer Neuordnungen und systematische Veränderungsprozesse, EAM für Innovationsmanagement und Risikomanagement, erweiterte Referenzmodelle und EA Viewpoint Models, die Fokussierung der Integration durch Use Cases und Value Cases aus dem Kreis der Partnerunternehmen, neue EAM-Domänen, umfassende Validierungsmöglichkeiten aus der Praxis, klar fokussierte Anforderungen und Spezifikationen für EA-Werkzeuge, neue Möglichkeiten der EA-Wissensrepräsentation und Inferenz, Visualisierung, Interaktion, Simulation und neue Verfahren und Mechanismen der Gestaltung, Nutzung und Entscheidungsunterstützung in EA-Kollaborationsprozessen durch ein leistungsstarkes EA-Management-Cockpit.

## **Danksagung**

Wir danken dem SOA Innovation Lab und unseren Partnern für die Unterstützung dieser Arbeiten im ARL – Architecture Reference Lab.

## Literatur

- [AM12] ArchiMate 2.0 Specification. Open Group Standard, 2012.
- [Ba13] Bass, C.; Clements, P.; Kazman, R.: Software Architecture in Practice. Addison Wesley, 2013.
- [DE09] Emery, D.; Hilliard, R.: Every Architecture Description needs a Framework: Expressing Architecture Frameworks Using ISO/IEC 42010, Submission to WICSA/ECSA 2009.
- [DF09] DoDAF Architecture Framework. Version 2.0, Volume 1, Department of Defense USA, 28 May 2009.
- [Es08] Estefan, J. A.; Laskey, K.; McCabe, F. G.; Thornton, D.: OASIS Reference Architecture for Service Oriented Architecture. Version 1.0, OASIS Public Review Draft 1, 23 April, 2008.
- [ES13] Essential Architecture Project. <http://www.enterprise-architecture.org>, last access: May, 12<sup>th</sup>, 2013.
- [MF05] MODAF MOD Architectural Framework, Executive Summary, Version 1.0, 31 August, Ministry of Defense UK, 2005.
- [MK06] MacKenzie, C. M.; Laskey, K.; McCabe, F.; Brown, P. F.; Metz, R.: OASIS Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. OASIS Standard, 12 October 2006.
- [MOF06] OMG: Meta Object Facility (MOF). Core Specification. Version 2.0, Object Management Group, 2006.
- [NF07] NATO Architecture Framework. Version 3. 2007.
- [NG01] Noy, N. F.; McGuinness, D. L.: Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford University, USA, 2001.
- [OG10] Open Group: Service-Oriented Architecture Ontology. Technical Standard. The Open Group, 2006.
- [OG11] The Open Group: SOA Reference Architecture. Technical Standard, 2011, <https://www2.opengroup.org/ogsys/jsp/publications/PublicationDetails.jsp?catalogno=c119>, last access: May 12<sup>th</sup>, 2013.
- [TG11] TOGAF The Open Group Architecture Framework. Version 9.1, The Open Group, 2011.
- [Zi11] Zimmermann, A.; Buckow, H.; Groß, H. J.; Nandico, F. O.; Piller, G.; Protz, K.: Capability Diagnostics of Enterprise Service Architectures using a dedicated Software Architecture Reference Model. In SCC 2011 - IEEE International Conference on Services Computing, July 4-9, 2011, Washington DC, USA, IEEE Proceedings of the SCC 2011, ISBN 978-0-7695-4462-5/11, IEEE Computer Society USA, pp. 592-599, 2011.
- [Zi12] Zimmermann, A.; Zimmermann, G.: Enterprise Architecture Ontology for Services Computing. In: Proc. SERVICE COMPUTATION 2012, Nice – France – July 22-27, 2012, ISBN 978-1-61208-215-8, pp. 64-69, 2012.