Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik

Herausgegeben von U. Bankhofer; P. Gmilkowsky;
V. Nissen und D. Stelzer

René Fiege, Dirk Stelzer

Analyse des Beitrages von Axiomatic Design zum Entwurf Serviceorientierter Architekturen

Arbeitsbericht Nr. 2006-06, Dezember 2006

Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Institut für Wirtschaftsinformatik

Autor: René Fiege, Dirk Stelzer

Titel: Analyse des Beitrages von Axiomatic Design zum Entwurf Serviceorientierter Architekturen

Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 2006-06, Technische Universität Ilmenau, 2006

ISSN 1861-9223

ISBN 3-938940-09-3

Anschrift: Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Institut für Wirtschaftsinformatik, PF 100565, D-98684 Ilmenau.
http://www.tu-ilmenau.de/fakww/Ilmenauer_Beitraege.1546.0.html

Gliederung

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Zusammenfassung: Axiomatic Design (AD) ist eine Methode, die den Entwurf beliebiger Systeme unterstützen kann. AD hilft, Anforderungen klar voneinander abzugrenzen und es unterstützt die Entwicklung von Systemen, deren Komponenten eine überschaubare Komplexität aufweisen und weitgehend unabhängig voneinander sind. Diese Ziele des AD korrespondieren mit wesentlichen Architekturzielen für Serviceorientierte Architekturen (SOA), nämlich „ausgewogene Granularität", „lose Kopplung" und „hohe Autonomie" von Services. In diesem Papier analysieren wir, welchen Beitrag AD zum Entwurf von SOA leisten kann. Anhand eines Fallbeispiels untersuchen wir, inwiefern AD helfen kann, Services zu entwerfen, welche eine ausgewogene Granularität aufweisen und die in sich autonom und untereinander lose gekoppelt sind.

Schlüsselworte: Axiomatic Design, Serviceorientierte Architekturen, Entwurf, Architekturziele

Hinweis: Die Inhalte dieses Berichts sind in einer gekürzten Fassung zur Publikation in den Proceedings der 8. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik 2007 in Karlsruhe angenommen worden [FiSt2007].

1 Einleitung

Serviceorientierte Architekturen (SOA) sollen es ermöglichen, wandlungsfähige bzw. „agile" Architekturen für Informationssysteme (IS) zu realisieren, so dass diese leicht an neue Anforderungen angepasst werden können [Erl2004; SiHu2005, 71 ff.; ZiTP2003]. In SOA werden so genannte Services einer Vielzahl von Teilnehmern zur Nutzung bereitgestellt. Services kapseln wiederverwendbare Funktionen. Sie sollen lose gekoppelt sein und je nach Bedarf zu beliebigen Anwendungen zusammengestellt werden können [DJMZ2005, 7 ff.].

Das Konzept der SOA ist relativ jung und befindet sich immer noch in einer Phase der Erprobung und Weiterentwicklung [Erl2005, 72]. Obwohl es bereits einige viel versprechende Modelle zur Unterstützung von Entwurf, Implementierung, Betrieb und Wartung serviceorientierter Systeme gibt [z. B. BuGa2005; EAAC2004, 83 ff.; Erl2005, 359 ff.; KoHB2005; LaMB2005; MaBe2006, 99-149; ZSWP2005], sind verschiedene Herausforderungen bisher nicht zufrieden stellend gelöst worden. Hierzu gehört unter anderem, wie Services mit einer ausgewogenen Granularität entworfen werden können und

wie bereits im Entwurf darauf hingewirkt werden kann, dass Services entstehen, welche in sich möglichst autonom und untereinander lose gekoppelt sind. Die Architekturziele ausgewogene Granularität, lose Kopplung und hohe Autonomie der Services sind wichtig, um die Wiederverwendbarkeit und Komponierbarkeit der Services zu erhöhen [BiLi2006, 101; BuGa2005, 602; Erl2005, 290 ff.].

Axiomatic Design (AD) ist eine Methode zur strukturierten Gestaltung von Objekten[1] [Suh2001]. Urheber und Anwender von AD behaupten, dass diese Methode geeignet ist, Systeme zu entwerfen, deren Komponenten (a) eine überschaubare Komplexität aufweisen sowie (b) weitgehend unabhängig voneinander sind und dass (c) Anforderungen an das zu entwerfende System klar voneinander abgegrenzt werden können [Suh2001, 29 ff.]. Diese Ziele des AD korrespondieren mit den Architekturzielen für SOA.

Ziel dieses Beitrages ist es zu überprüfen, inwiefern AD dazu beitragen kann, die oben genannten Architekturziele beim Entwurf von SOA zu erreichen. Hierzu werden zunächst Architekturziele für SOA vorgestellt. Anschließend stellen wir Grundlagen des AD dar und demonstrieren an einem kleinen Beispiel, wie AD im Rahmen des Entwurfs von SOA eingesetzt werden kann. Im Anschluss analysieren wir den Beitrag von AD für den Entwurf von SOA kritisch. Dabei legen wir insbesondere dar, in wie weit AD die Erreichung der oben genannten Architekturziele unterstützen kann. Der Beitrag wird mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Ausblick abgeschlossen.

2 Serviceorientierte Architekturen

Unter einer Serviceorientierten Architektur versteht man eine Softwarearchitektur, in der Softwareressourcen in einzelnen Services gekapselt werden. So können sie später auf Anfrage dynamisch miteinander verknüpft werden [DJMZ2005, 7 ff.]. Eine SOA bedient sich verschiedener Softwarearchitekturkonzepte, wie z. B. des Geheimnisprinzips, der Modularisierung und Kapselung und der Trennung von Schnittstelle und Implementierung [SSLD2005, 142; ZSWP2005, 606]. Zu den Kernmerkmalen einer SOA gehört das dynamische Binden der Services [DJMZ2005, 9]. Das bedeutet, dass Services während der Laufzeit von Anwendungen oder anderen Services dynamisch gesucht, gefunden und eingebunden werden können. Ein wesentlicher Nutzen, der sich daraus ergibt, ist die hohe

Wiederverwendbarkeit von Softwarekomponenten und eine hohe Agilität der Gesamtarchitektur in einer sich schnell verändernden Geschäftsumgebung.

Ein Service ist eine Softwareressource, die wiederverwendbare Funktionen bereitstellt [CeHa2005, 5]. Er besteht aus mindestens einem ausführbaren Programm oder Programmteil zur Unterstützung bestimmter Aufgaben [Pall2001, 33]. Services müssen entweder neu entwickelt oder über eine Schnittstelle aus bereits bestehenden Softwaresystemen bereitgestellt werden. Sie verfügen über einen eindeutigen Identifikator – den URI (Uniform Resource Identifier) – und eine Servicebeschreibung, um Nutzern die Suche, Einbindung und den Zugriff auf den Service zu ermöglichen. Die Servicebeschreibung ist vergleichbar mit einer vertraglichen Vereinbarung, in welcher u. a. die Schnittstelle des Service (Operationen und Parameter), seine Semantik und so genannte nicht-funktionale Anforderungen definiert sind.

SOA werden als „prozessorientiert“ bezeichnet, da Services einzelne betriebswirtschaftliche Funktionen, Teilprozesse oder ganze Geschäftsprozesse abbilden können. Dies wird möglich durch die Servicekomposition, d. h. die Zusammenstellung mehrerer Services zur Erfüllung bestimmter Aufgaben [BDDM2005, 51; CeHa2005, 9]. Es werden zwei Arten der Servicekomposition unterschieden, die Serviceorchestrierung und Servicechoreographie. Im Rahmen der Serviceorchestrierung werden einzelne Services gemäß der Reihenfolge zusammengestellt, die ein Geschäftsprozess vorgibt. Auf diese Weise wird ein neuer, höherwertiger Service kreiert, der aus einer Vielzahl einzelner Services besteht [BDDM2005, 52]. Das Zusammenwirken mehrerer derartiger Services verschiedener Geschäftspartner wird über die Servicechoreographie beschrieben. Sie legt Reihenfolge und Bedingungen fest, unter denen mehrere unabhängige Services interagieren können, um ein gemeinsames Ziel zu verfolgen [Erl2005, 205].

2.1 Architekturziele Serviceorientierter Architekturen

Architekturziele repräsentieren Prinzipien, die eine SOA charakterisieren [Erl2005, 290]. Diese Ziele müssen bereits im Entwurf berücksichtigt werden, damit sie sich in der resultierenden Architektur widerspiegeln. Typische Architekturziele von SOA sind: Wiederverwendbarkeit und Komponierbarkeit sowie angemessene Granularität, lose Kopplung, hohe Autonomie, Zustandslosigkeit, Auffindbarkeit, Abstraktheit,

[1] Objekte können Materialien, beliebige Systeme, Software, Hardware, strategische Geschäftspläne, Organisationen und

Interoperabilität, Geschäftsorientiertheit, Nachhaltigkeit, Neutralität und wohldefinierter Servicekontrakt [BuGa2005, 602; DJMZ2005, 9; EKAP2005, 28; EMPR2005, 3-4; Erl2005, 290; MaBe2006, 39 ff.; SiHu2005, 76-77]. Wir beschränken uns in diesem Beitrag auf fünf der aufgezählten Architekturziele. Diese Ziele und ihre Zusammenhänge sind in Bild 1 zusammengefasst.

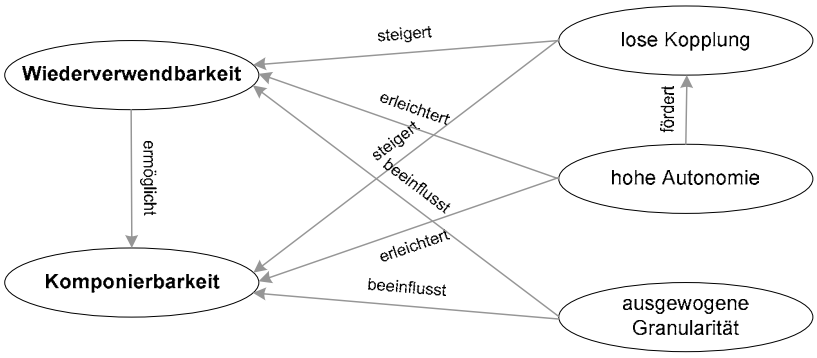


Bild 1: Wesentliche Architekturziele Serviceorientierter Architekturen

Eines der wichtigsten Architekturziele ist die Wiederverwendbarkeit der Services. Sie sollte möglichst hoch sein, damit die SOA an Änderungen von Anforderungen ohne unangemessen hohen Entwicklungsaufwand angepasst werden kann [Erl2005, 292]. Damit unterstützt die Wiederverwendbarkeit auch die Agilität einer SOA, also die Leichtigkeit, mit der sich Änderungen oder Erweiterungen einer Architektur durchführen lassen [HaSc2006, 277].

Die Wiederverwendbarkeit ermöglicht die Komponierbarkeit von Services. Komponierbarkeit bedeutet, dass ein höherwertiger Service aus mehreren generischen Services zusammengesetzt werden kann. Die Logik, die in einem generischen Service gekapselt ist, kann so auf verschiedenen Granularitätsebenen wiederverwendet werden. Auch die Komponierbarkeit der Services einer SOA sollte möglichst groß sein, damit die SOA leicht an zukünftige Änderungen von Anforderungen angepasst werden kann [Erl2005, 301]. Die Wiederverwendbarkeit wirkt daher ebenfalls auf die Agilität der SOA [HaSc2006, 277].

Komponierbarkeit und Wiederverwendbarkeit hängen stark von der gewählten Granularität der Services ab [HaSc2006, 281]. Die Granularität wird bestimmt durch das Abstraktionsniveau der Aufgaben, die durch den Service erfüllt werden [Erl2005, 299;

Prozesse sein.

ZiKG2004].[2] Sie ist daher vergleichbar mit dem Prinzip der Abstraktion in der Softwareentwicklung [Balz1998, 559]. Granularität beschreibt den Umfang und die Art der Funktionen, welche durch den Service unterstützt werden [Balz1998, 559; Erl2005, 299, 302; MaBe2006, 40, 124]. Je weniger Funktionen und je konkreter die Funktionen auf einen einzelnen Aufgabenbereich ausgerichtet sind, desto feiner ist die Granularität (und desto niedriger das Abstraktionsniveau).[3] Die Servicegranularität sollte angemessen gewählt werden, um die Kompositions- und Wiederverwendungspotentiale zu erhöhen [BiLi2006, 101]. Eine zu grobe Servicegranularität kann dazu führen, dass ein Service auf Grund von Performanzproblemen nicht wiederverwendet werden kann. Eine zu feine Granularität kann das Wiederverwendungspotential senken, da der Service auf einen bestimmten Aufgabenbereich zugeschnitten ist und nicht in anderen Aufgabenbereichen verwendet werden kann [MaBe2006, 40].

Lose Kopplung umfasst die Reduzierung von Abhängigkeiten zwischen Services [Balz1998, 474; CaGl1990, 31-41; Kaye2003; Raas1993, 364; VACI2005, 114]. Sie entspricht dem Prinzip der losen Kopplung in der Softwareentwicklung [Balz1998, 474; CaGl1990, 31-41; Kaye2003; Raas1993, 364; VACI2005, 114]. Sie wird unter anderem dadurch erzielt, dass die Services untereinander über genau definierte Schnittstellen interagieren [Erl2005, 314]. Dadurch kann die Implementierung eines Service leicht ausgetauscht werden. Durch Reduzierung der Abhängigkeiten zwischen den Services wird außerdem das Potential zur Komposition und Wiederverwendung erhöht [MaBe2006, 41]. Daher sollte eine möglichst lose gekoppelte SOA angestrebt werden.

Serviceautonomie erfordert, dass die Logik, die innerhalb eines Service gekapselt ist, im Hinblick auf einen definierten Kontext (z. B. eine zu erfüllende betriebswirtschaftliche Funktion) klar abgegrenzt werden kann [Erl2005, 303]. Autonomie entspricht dem Prinzip der Kohäsion in der Softwareentwicklung [Balz1998, 474; VACI2005, 117]. Eine hohe Autonomie liegt insbesondere dann vor, wenn sich die Servicelogik auf genau einen Kontext bezieht [Erl2005, 304]. Eine hohe Serviceautonomie minimiert Abhängigkeiten zwischen Services und fördert eine lose Kopplung [Balz1998; Erl2005, 303; VACI2005,

[2] Eine SOA setzt sich i. d. R. aus Services unterschiedlicher Granularität zusammen. In Abhängigkeit ihrer Granularität lassen sich diese Services auf mehreren Ebenen unterschiedlicher Abstraktion anordnen [Erl2005, 299]. Eine hohe Abstraktion besteht auf den oberen Ebenen. Services auf den oberen Ebenen können daher Prozessschritte oder ganze Geschäftsprozesse unterstützen, während Services auf tiefer liegenden Ebenen einzelne betriebswirtschaftliche Aufgaben oder technische Funktionen ausführen.

[3] Abstraktion ist das Gegenteil von Konkretisierung [Balz1998, 559]. Eine grobe Granularität entspricht der Abstraktion, eine feine Granularität der Konkretisierung.

118]. Außerdem erleichtert die klare Abgrenzung und Kapselung der Servicelogik die Wiederverwendbarkeit und Komponierbarkeit von Services [Erl2005, 318]. Es sollte daher auch eine hohe Autonomie der Services angestrebt werden.

2.2 Vorgehensmodelle für den Entwurf Serviceorientierter Architekturen

Die meisten Vorgehensmodelle zur Entwicklung SOA unterscheiden die Phasen Entwurf, Implementierung, Test und Inbetriebnahme [z. B. BuGa2005; EAAC2004, 83 ff.; Erl2005, 359 ff.; KoHB2005; LaMB2005; MaBe2006, 99-149]. Tabelle 1 zeigt Einzelheiten der Entwurfsphase einiger Vorgehensmodelle im Überblick.

Entwurf nach [EAAC2004, 83 ff.]	Entwurf nach [Erl2005, 358 ff.]	Entwurf nach [KoHB2005, 158 ff.]	Entwurf nach [MaBe2006, 99 ff.]
Identification - Domain decomposition/ Existing system analysis - Goal-service modeling	**Service-oriented analysis** - Define business automation requirements - Identify existing automation systems - Model candidate services	**Define system requirements** - Elicit requirements - Rank requirements - Model requirements	**Service Analysis and Identification Process** - Discover Conceptual Business Services - Derive Candidate Business Services - Build Granularity Map - Apply Logical Operations on Candidate Business Services - Derive Actual Business Services
Specification - Subsystem analysis - Component specification - Service allocation	**Service-oriented Design** - Compose SOA (layers, standards, extensions) - Design services - Design service-oriented business process	**Design system architecture** - Partition Services into abstract sub-systems - Establish sub-system interfaces	**Service Design Process** - Examine Business Services State - Build Business Services Granularity Maps - Build Demarcation Maps - Apply Design Operations on Business Services - Realize Solution Services

Tabelle 1: Entwurf Serviceorientierter Architekturen

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass die meisten Vorgehensmodelle den Entwurf in die Phasen Serviceorientierte Analyse und Design unterteilen. Der Schwerpunkt der Analysephase liegt bei diesen Modellen auf der Ermittlung von Anforderungen an die zu entwickelnde SOA. Solche Anforderungen ergeben sich z. B. aus den bestehenden Geschäftsprozessen oder IS einer Organisation. Ziel der Analysephase ist es, eine vorläufige SOA zu entwerfen. Ausgehend von den Anforderungen werden vorläufige Spezifikationen von Services, deren Operationen und Abhängigkeiten modelliert. Die Ergebnisse der Analysephase fließen als Vorschlag in die Designphase ein. Dort werden sie unter Berücksichtigung der Grenzen der zu verwendenden Architekturplattform weiter verfeinert und in eine konkrete Servicespezifikation überführt, die in der Implementierungsphase realisiert werden kann. Alle in Tabelle 1 dargestellten Vorgehensmodelle werden als Mischform aus Top-Down- und Bottom-Up-Vorgehen durchlaufen. Beim Top-Down-Vorgehen wird die SOA aus den Geschäftsprozessen einer Organisation abgeleitet. Hierzu werden die Geschäftsprozesse zunächst in ihre Bestandteile zerlegt. Resultierende

betriebswirtschaftliche Funktionen fließen anschließend nach sinnvoller Gruppierung in die Spezifikation einzelner Services ein. Das Bottom-Up-Vorgehen beginnt mit der Analyse bestehender IT-Systeme. Hier fließen einzelne Operationen der IT-Systeme nach sinnvoller Gruppierung in die Spezifikation einzelner Services ein. Bei diesem Vorgehen entstehen Services, welche Operationen bestehender IT-Systeme kapseln. Mischformen kombinieren beide Vorgehensweisen in iterativen Zyklen.

3 Grundlagen des Axiomatic Design

AD wurde Ende der 70er Jahre von Nam Pyo Suh am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt [Suh1990, 18]. Es handelt sich dabei um eine Methode, mit der man strukturiert beliebige Objekte entwerfen kann. Eine wesentliche Grundlage des Axiomatic Design ist die Unterscheidung zwischen Anforderungen (Was soll erreicht werden?) und korrespondierenden Lösungen (Wie soll es erreicht werden?). Das Grundprinzip von AD umfasst die strukturierte Suche und Zuordnung geeigneter Lösungen für zuvor festgelegte Anforderungen (Bild 2). Ein Entwurf ist definiert als das Ergebnis dieses Zuordnungsprozesses [Suh2001, 2 ff.]. Er beschreibt, welche Anforderungen durch welche Lösungen erfüllt werden können.

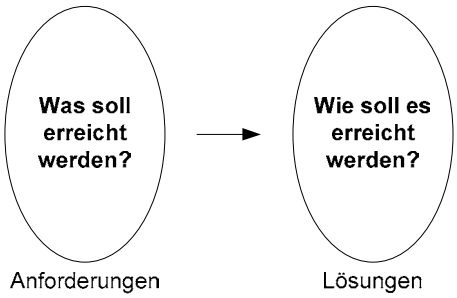


Bild 2: Grundprinzip des Axiomatic Design

AD basiert auf dem Konzept der Domänen sowie auf dem so genannten Unabhängigkeits- und dem Informationsaxiom. Beide Axiome formulieren Richtlinien für den Entwurfsprozess. Für Designer sind sie eine wichtige Grundlage zur Überprüfung und Beurteilung der während des Entwurfsprozesses getroffenen Entscheidungen.

3.1 Konzept der Domänen

Das Konzept der Domänen umfasst die Kundendomäne, die funktionale und die physische Domäne sowie die Prozessdomäne (Bild 3). Der Entwurfsprozess erstreckt sich über alle Domänen. Er beginnt in der Kundendomäne und endet in der Prozessdomäne. Jede Vorgängerdomäne beschreibt Anforderungen, jede Folgedomäne die korrespondierenden Lösungen. Zwischen allen Domänen erfolgt eine Zuordnung von Anforderungen zu korrespondierenden Lösungen [Suh2001, 10-14].

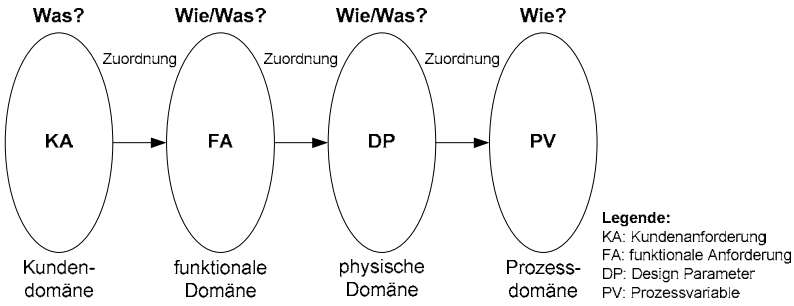


Bild 3: Konzept der Domänen

Die Kundendomäne beinhaltet die Anforderungen, die ein Kunde an das zu gestaltende Objekt hat. Diese Anforderungen werden als Kundenanforderungen (KA) bezeichnet. Sie beschreiben relativ grob, welche Eigenschaften das zu entwickelnde Objekt haben soll. Suh empfiehlt, die Kundenanforderungen nach ihrer Wichtigkeit zu ordnen [Suh2001, 14].

Die Kundenanforderungen werden in der funktionalen Domäne weiter zu funktionalen Anforderungen (FA) und Restriktionen (R) verfeinert. Ausgangspunkt sind hierbei die wichtigsten Kundenanforderungen der Kundendomäne. Funktionale Anforderungen beschreiben aus Sicht des Designers alle Anforderungen, die geeignet sind, die Bedürfnisse des Kunden abzudecken. Anzustreben ist die minimale Anzahl funktionaler Anforderungen, indem nur die wesentlichen Erfordernisse identifiziert werden. Alle weiteren Anforderungen werden auf tiefer liegenden Entwurfsebenen (vgl. Abschnitt 3.2) bearbeitet, da sie sonst die Komplexität des Entwurfs erhöhen. Restriktionen ergänzen die funktionalen Anforderungen, indem sie den Lösungsraum einschränken. Sie repräsentieren zusätzliche Anforderungen und beschreiben Grenzen für korrespondierende Lösungen der funktionalen Anforderungen.

Derartige Lösungen werden als Designparameter (DP) bezeichnet. Sie sind Inhalt der physischen Domäne. Im Idealfall erhält jede funktionale Anforderung genau einen korrespondierenden Designparameter. Bei der Auswahl geeigneter Parameter müssen die

Restriktionen berücksichtigt werden. Die Designparameter repräsentieren ihrerseits wieder Anforderungen für die Folgedomäne.

Die Prozessdomäne umfasst die Prozessvariablen (PV). Hierbei handelt es sich um alle Hilfsmittel zur Erzeugung der Designparameter. Sie charakterisieren den Herstellungsprozess der Parameter. Idealerweise wird jedem Designparameter genau eine Prozessvariable zugeordnet.

Mit Hilfe des Axiomatic Design werden häufig Produkte gestaltet [Suh2001, 11]. Am Beispiel der Entwicklung einer Getränkedose könnte eine relevante Kundenanforderung der Kundendomäne folgendermaßen formuliert sein: KA = „leichtgewichtiger Aufbewahrungsbehälter für Sprudelgetränke“. Eine Verfeinerung dieser Kundenanforderung in der funktionalen Domäne könnte zu folgenden funktionalen Anforderungen sowie Restriktionen führen: FA_1 = „ermögliche den einfachen Zugriff auf den Doseninhalt“, FA_2 = „widerstehe moderaten Stoßeinwirkungen“, FA_3 = „gestalte die Oberfläche bedruckbar“, FA_4 = „begrenze den Dosendurchmesser auf 4 cm“, R = „Gesamtgewicht maximal 10 Gramm“, etc. Eine korrespondierende Lösung für FA_1 in der physischen Domäne könnte durch DP_1 = „Aufreißlasche“ repräsentiert werden. Ein mögliches Hilfsmittel zur Erzeugung von DP_1 im Produktionsprozess (Prozessdomäne) könnte PV_1 = „Stanzmaschine“ sein. Unabhängig, ob Produkte, Systeme, Software, etc. gestaltet werden, ist das Domänenkonzept für alle Objekte in gleicher Form anzuwenden.

3.2 Unabhängigkeitsaxiom

Während der Zuordnung zwischen den Domänen wird das Unabhängigkeitsaxiom angewendet. Im Folgenden wird dies anhand der Zuordnung zwischen der funktionalen und der physischen Domäne erläutert. Die Zuordnung und Anwendung des Axioms zwischen den anderen Domänen verläuft analog [SuDo2000, 37-38; Suh2001]. Das Unabhängigkeitsaxiom verlangt, dass die Unabhängigkeit der funktionalen Anforderungen nach Zuordnung geeigneter Designparameter gewahrt bleibt. Eine vollständige Unabhängigkeit liegt dann vor, wenn der gefundene Designparameter für eine spezifische funktionale Anforderung keine Auswirkungen auf andere funktionale Anforderungen hat. D. h., dass jede funktionale Anforderung durch genau einen Designparameter erfüllt wird. Der Zuordnungsprozess zwischen den Domänen wird hierarchisch im Top-down-Verfahren durchgeführt, um den Entwurf weiter zu verfeinern. Man spricht in diesem Zusammenhang vom Dekompositionsprozess (Bild 4).

Der Dekompositionsprozess verlangt, dass zwischen den Domänen hin und her gesprungen wird. Wie in Bild 4 dargestellt, springt man ausgehend von einer funktionalen Anforderung in die physische Domäne, um einen geeigneten Designparameter zuzuordnen. Anschließend erfolgt der Rücksprung in die funktionale Domäne. Die funktionale Anforderung wird auf der zweiten Ebene in ihre Teilanforderungen (FA_1, FA_2 und FA_3) zerlegt. Für jede Teilanforderung erfolgt wieder die Zuordnung geeigneter Designparameter (DP_1, DP_2 und DP_3). Dieser Prozess wird solange wiederholt, bis so genannte „elementare FA-DP-Kombinationen“ gefunden wurden. Eine Elementarkombination (diese sind in Bild 4 fett hervorgehoben) liegt vor, wenn für eine funktionale Anforderung ein Designparameter gefunden wird, der unmittelbar, d. h. ohne weitere Dekomposition, implementierbar ist.

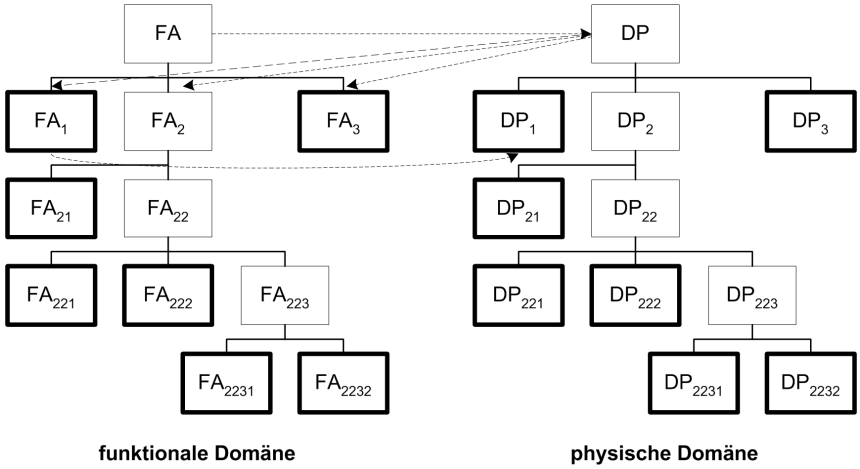


Bild 4: Dekompositionsprozess

Sobald eine Hierarchieebene im Dekompositionsprozess fertig gestellt wurde, wird das Unabhängigkeitsaxiom zur Prüfung der Unabhängigkeit der funktionalen Anforderungen herangezogen. Hierzu wird die Einflussmatrix [A] gebildet. Sie zeigt die Beziehung zwischen den funktionalen Anforderungen und Designparametern einer Hierarchieebene. Diese Beziehung wird durch folgende Gleichungen zum Ausdruck gebracht.

$$\{FA\} = [A]\{DP\} \text{ bzw. } \begin{Bmatrix} FA_1 \\ FA_2 \\ \dots \\ FA_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ \dots \\ DP_n \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Die funktionalen Anforderungen und Designparameter einer Hierarchieebene konstituieren die Vektoren {FA} und {DP}. Die Einflussmatrix [A] ist eine $n \times n$-Matrix. Die Elemente

A_{ij} haben entweder den Wert „0“ oder „X“ (im Falle eines linearen Entwurfs, von dem hier ausgegangen wird [Suh2001, 19]). $A_{ij} = 0$ bedeutet, dass FA_i nicht durch DP_j beeinflusst wird. $A_{ij} = X$ sagt aus, dass DP_j Einfluss auf FA_i hat. Die drei folgenden Ausprägungen der Einflussmatrix [A] werden unterschieden:

1. Wenn für [A] gilt: alle $A_{ij} = 0$ für $i \neq j$, dann nehmen alle Elemente der Einflussmatrix, außer die auf der Hauptdiagonalen, den Wert „0“ an. Eine solche Matrix wird als Diagonalmatrix bezeichnet.
2. Wenn für [A] gilt: entweder oberhalb oder unterhalb der Diagonalen sind alle $A_{ij} = 0$, dann wird [A] als Triangularmatrix bezeichnet.
3. Wenn für [A] gilt: sowohl oberhalb als auch unterhalb der Diagonalen existieren $A_{ij} = X$, dann wird [A] als Vollmatrix bezeichnet.

1. ungekoppelter Entwurf (Diagonalmatrix)	2. entkoppelter Entwurf (Triangularmatrix)	3. gekoppelter Entwurf (Vollmatrix)
$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & X \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix}$

Tabelle 2: Ausprägungen der Einflussmatrix

Entsprechend der Ausprägungen der Einflussmatrix unterscheidet AD zwischen den drei Entwurfstypen der Tabelle 2:

1. In einem ungekoppelten Entwurf sind alle funktionalen Anforderungen unabhängig voneinander, da jede funktionale Anforderung durch genau einen Designparameter erfüllt wird. Er repräsentiert daher die ideale Erfüllung des Unabhängigkeitsaxioms.
2. In einem entkoppelten Entwurf ist die Unabhängigkeit der funktionalen Anforderungen nur teilweise gegeben. Einige funktionale Anforderungen werden von mehreren Designparametern beeinflusst. Ein entkoppelter Entwurf ist daher im Sinne des Unabhängigkeitsaxioms annehmbar, aber nicht ideal.
3. In einem gekoppelten Entwurf ist die Unabhängigkeit der funktionalen Anforderungen nicht gewährleistet. Er stellt daher eine Verletzung des Unabhängigkeitsaxioms dar.

Ein Designer wendet das Unabhängigkeitsaxiom auf jeder Hierarchieebene des Dekompositionsprozesses an. Stellt er auf einer Ebene fest, dass ein gekoppelter Entwurf

entstanden ist, versucht er die ermittelten FA-DP-Kombinationen so zu überarbeiten, dass entweder ein ungekoppelter oder ein entkoppelter Entwurf entsteht. Erst danach wird der Dekompositionsprozess auf tiefer liegenden Ebenen fortgesetzt.

Der Dekompositionsprozess wird auch zwischen den Designparametern der physischen Domäne und den Prozessvariablen der Prozessdomäne durchgeführt [SuDo2000, 37-38; Suh2001]. Hier muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass das Unabhängigkeitsaxiom erfüllt wird. In der Regel erfolgt keine Dekomposition zwischen den Kundenanforderungen der Kundendomäne und den funktionalen Anforderungen der funktionalen Domäne, da die Kundenanforderungen meistens nur sehr grob beschrieben werden können [Suh2001, 22].

3.3 Informationsaxiom

Liegen alternative FA-DP-Kombinationen vor, die das Unabhängigkeitsaxiom erfüllen, wird das Informationsaxiom angewendet, um den besten Entwurf zu ermitteln. Das Informationsaxiom ermöglicht eine quantitative Bewertung gegebener Entwürfe und stellt eine Basis für deren Komplexitätsreduktion und Zuverlässigkeitsverbesserung dar [Suh2001, 39 ff.]. Das Informationsaxiom verlangt, dass der so genannte Informationsgehalt reduziert wird. Von den Entwürfen, die das Unabhängigkeitsaxiom erfüllen, wird dasjenige ausgewählt, bei welchem der geringste Informationsgehalt ermittelt wird. Man spricht in diesem Zusammenhang vom Selektionsprozess.

Suh definiert den Informationsgehalt als Maß für die Komplexität einer Aufgabenstellung (eine Aufgabenstellung entspricht einer funktionalen Anforderung). Bei Zunahme der Komplexität sinkt laut Suh [Suh2001, 40] die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Lösung der Aufgabenstellung. Der Informationsgehalt lässt sich auch als Wissen auffassen, welches erforderlich ist, eine bestimmte funktionale Anforderung durch einen korrespondierenden Designparameter zu erfüllen. Im Rahmen des Selektionsprozesses wird der Entwurf ausgewählt, welcher das geringste Wissen zur Erfüllung seiner funktionalen Anforderungen benötigt. Es handelt sich dabei – gemäß der Axiomatic Design zugrunde liegenden Annahme – gleichzeitig um den Entwurf mit der höchsten Erfolgswahrscheinlichkeit und der geringsten Komplexität.

Mathematisch wird der Informationsgehalt I_i für eine gegebene FA_i als negativer Logarithmus von P_i definiert. P_i ist die Erfolgswahrscheinlichkeit, dass die FA_i durch ihre korrespondierenden DP_i erfüllt werden.

$$I_i = -\log_2 P_i \tag{2}$$

Für den allgemeinen Fall eines Entwurfs mit n FR_i wird folgende Gleichung zur Berechnung des Informationsgehaltes I_{sys} des Gesamtentwurfs herangezogen:

$$I_{sys} = -\sum_{i=1}^{n} \log_2 P_i \tag{3}$$

Designer entwickeln häufig verschiedene Entwürfe. Dies geschieht insbesondere dann, wenn mehrere Designer an der gleichen Aufgabe arbeiten. Ein Designer wendet das Informationsaxiom an, nachdem mehrere alternative Entwürfe ermittelt wurden. Dies kann auf jeder Hierarchieebene des Dekompositionsprozesses erfolgen [Suh2001, 198]. Aus der Menge vorhandener Entwürfe, die das Unabhängigkeitsaxiom erfüllen, kann so der beste Entwurf ermittelt werden.

Die Anwendung des Informationsaxioms ist in bestimmten Anwendungsfeldern problematisch. In der Softwareentwicklung lässt sich z. B. der Informationsgehalt nur sehr schwierig ermitteln, da hier die Erfolgswahrscheinlichkeit P_i i. d. R. nicht bestimmt werden kann. Außerdem ist der Begriff „Informationsgehalt“ in vielen Anwendungsfeldern nicht angemessen und kann daher missverstanden werden. In der objektorientierten Softwareentwicklung drückt dieser Begriff z. B. die Komplexität eines Softwaresystems aus [ClHi2000, 274].

3.4 Vorteile des Axiomatic Design

Zu den wesentlichen Merkmalen des AD gehören die Strukturierung von Entwurfsprozessen und die Reduzierung der Komplexität von Entwurfsergebnissen [Suh2001, 5 ff.]. AD bewirkt, dass während des Entwurfsprozesses nur für relevante Anforderungen Lösungen erarbeitet werden. Dadurch reduziert sich die Anzahl der Bestandteile eines Entwurfsobjektes [Suh2001, 29 ff.]. Entwurfsobjekte werden in hierarchisch strukturierte Bestandteile und Subbestandteile mit (a) überschaubarer Komplexität entworfen [Suh2001, 30]. Das Unabhängigkeitsaxiom sorgt dafür, dass (b) die Unabhängigkeit der Objektbestandteile gewahrt bleibt und somit möglichst wenige Beziehungen zwischen den Bestandteilen entstehen. Das hierarchisch strukturierte Top-Down-Vorgehen sorgt darüber hinaus für (c) eine klare Abgrenzung der Anforderungen an die Entwurfsobjekte.

4 Axiomatic Design im Entwurf Serviceorientierter Architekturen

AD wurde für den Maschinenbau entwickelt und zunächst zum Entwurf von Produkten angewendet [Suh2001, 11]. Mittlerweile wurde diese Methode auch in vielen anderen Gebieten erfolgreich eingesetzt [BMAP2002; DoSu2000; EnNo2000; Suh1998; Suh1990, 323-352; Suh2001, 341-375]. Tabelle 3 gibt einen Überblick über publizierte Anwendungen von AD im Softwareentwurf.

Anwendung des Axiomatic Design zum Entwurf…	**Quelle**
… einer Software zur Unterstützung des Entwurfs von Bildröhren für TV-Bildschirme	[DoPa2001]
… von Steuerungssoftware für elektromechanische Systeme	[HiNa1999]
… von Benutzerschnittstellen von Softwaresystemen	[Jams2004]
… einer Software zur Unterstützung der Erstellung von Rohformen für Kunststoffteile	[Kim1987]
… einer Bibliotheksverwaltungssoftware	[KiSK1991]
… der objektorientierten Software Acclaro.	[SuDo2000]
… von Software für Programmable Logic Controller	[ScTs2000]
… objektorientierter Software	[YiPa2004]

Tabelle 3: Anwendung des Axiomatic Design im Softwareentwurf

Die oben aufgeführten Projektbeispiele (Tabelle 3) belegen, dass die Vorteile (vgl. Abschnitt 3.4) des AD im Softwareentwurf erzielt werden können [DoPa2001, 328; DoSu1999, 121; HiNa1999, 1-2; Jams2004, 1; ScTs2000, 270; SuDo2000, 95-96; YiPa2004, 1, 6]. Zwischen dem Entwurf SOA und dem Entwurf von Software gibt es viele Parallelen [CeHa2005, 11; Erl2005, 321 ff.; KoHB2005]. Wir stellen die These auf, dass die Vorteile mit Hilfe von AD auch im Entwurf von SOA erzielt werden können. Wir wollen überprüfen, ob die Vorteile helfen können, die Architekturziele „ausgewogene Granularität“, „lose Kopplung“ und „hohe Autonomie“ zu erreichen.

Die Anwendung des AD auf den Entwurf SOA basiert auf Grundlagen, die im vorangegangenen Kapitel beschrieben wurden. Der Entwurfsprozess und die Inhalte der Domänen müssen allerdings an die Besonderheiten von SOA angepasst werden. Im Folgenden werden die relevanten Schritte im Entwurf SOA abgegrenzt. Anschließend illustrieren wir die Anwendung des AD beim Entwurf von SOA an einem Beispiel.

4.1 Eingrenzung des relevanten Gegenstandsbereiches

Als Grundlage für die Anwendung des AD auf den Entwurf dient ein idealtypisches Vorgehensmodell zur Entwicklung SOA (Bild 5). Dieses Modell haben wir aus einer Synopse der Vorgehensmodelle in Abschnitt 2.2 in Anlehnung an Erl [Erl2005, 363 ff.] abgeleitet. Es repräsentiert einen reinen Top-Down-Ansatz. Auf Grund der Problemkomplexität werden in diesem Beitrag Bottom-Up-Vorgehensweisen und Mischformen bewusst ausgeblendet. Aus demselben Grund beschränkt sich das Modell auf

die Berücksichtigung von Anforderungen aus den Geschäftsprozessen einer Organisation. Anforderungen aus bestehenden IS fließen nicht in unsere Überlegungen ein. Dieses Modell bezeichnen wir im Folgenden als Entwicklungsprozess für SOA.

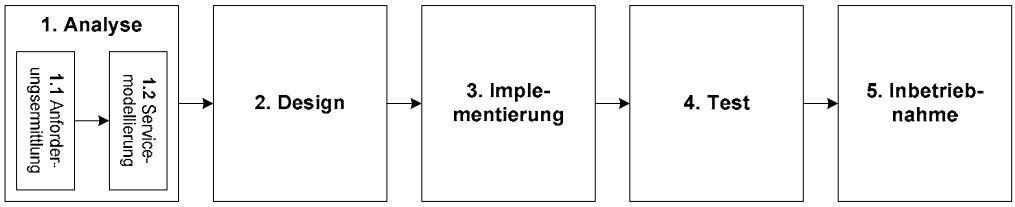


Bild 5: Entwicklungsprozess für Serviceorientierte Architekturen

Entwurfsspezifische Schritte enthält dieses Modell in der Analyse- und Designphase. In der Analysephase werden ausgehend von den Geschäftsprozessen zunächst die Anforderungen an die SOA ermittelt. Anschließend beginnt die Servicemodellierung, in deren Rahmen die Geschäftsprozesse in ihre Bestandteile zerlegt werden. Aus diesen Bestandteilen werden vorläufige Serviceoperationen abgeleitet. Die Serviceoperationen werden nach einem bestimmten logischen Kontext (z. B. nach Entitäten wie „Buchhaltungssystem“ oder „Rechnung“) zu vorläufigen Services, so genannten Servicekandidaten gruppiert. Abschließend erfolgt die Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Services und die Bildung von Servicekompositionen. Außerdem können Parameter spezifiziert werden, die beim Aufruf von Serviceoperationen übergeben werden müssen. Ergebnis ist die Spezifikation einer vorläufigen SOA.

Diese vorläufige Spezifikation fließt anschließend in die Designphase ein, in der sie unter Berücksichtigung der Grenzen der zu verwendenden Architekturplattform weiter verfeinert, ggf. modifiziert und abschließend in eine konkrete physische Servicespezifikation überführt wird. Gemäß dieser Spezifikation erfolgt anschließend in der Implementierungsphase die Realisierung der Services auf einer bestimmten Architekturplattform. Nach Prüfung jeder einzelnen Serviceoperation in der Testphase wird die entwickelte SOA schließlich in den Produktivbetrieb überführt (Inbetriebnahmephase).

4.2 Axiomatic Design im Entwurf Serviceorientierter Architekturen

Die Anwendung des Axiomatic Design auf den Entwurf SOA haben wir auf Grundlage des so genannten V-Modells des Axiomatic Design (Bild 6) durchgeführt [DoSu2000, 279 ff.]. Dieses Modell darf nicht mit Vorgehensmodellen der Softwareentwicklung, zum Beispiel

dem V-Modell von Boehm [Boeh1981] oder dem V-Modell® XT der Bundesbehörden [Bund2005], verwechselt werden. Das V-Modell des Axiomatic Design beschreibt ein grobes Vorgehen, in dessen Rahmen die Konzepte des Axiomatic Design mit jedem beliebigen Vorgehen in der Softwareentwicklung, z. B. SADT (Structured Analysis and Design Technique) oder der objektorientierten Softwareentwicklung (OOA, OOD und OOP), kombiniert werden kann [Suh2001, 266]. Die Intention des V-Modells ist, dass alle methodischen Schritte des linken Astes (Schritte eins bis vier) im Sinne des Axiomatic Design bearbeitet werden. Alle Schritte des rechten Astes (Schritte fünf bis sieben) können hingegen in Kombination mit jedem beliebigen Vorgehen der Softwareentwicklung bearbeitet werden. Das V-Modell stellt keinen Widerspruch zu bestehenden Methoden oder Vorgehensmodellen dar. Herkömmliche Prozessschritte und Hilfsmittel bleiben anwendbar. Der Entwurf der zugrunde liegenden Vorgehensmodelle wird lediglich um Konzepte und Hilfsmittel des Axiomatic Design erweitert. AD hilft, den Entwurf auf relevante Architekturziele zu fokussieren. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte des V-Modells und deren Anwendung auf den Entwurf SOA beschrieben und an einem Fallsbeispiel demonstriert. Dieses Beispiel basiert auf einer Fallstudie von Erl [Erl2005, 430-444]. Grundlage ist ein Prozess zur Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitnachweisen der Mitarbeiter, welcher durch eine SOA abgebildet werden soll. Dieser Prozess soll automatisiert werden.

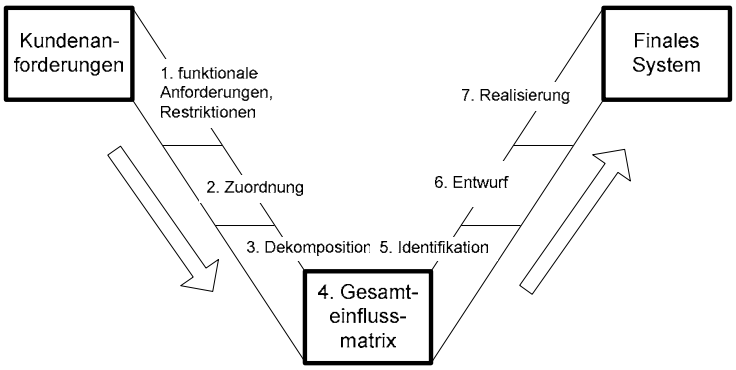


Bild 6: V-Modell des Axiomatic Design[4]

Der erste Schritt (funktionaler Anforderungen und Restriktionen) betrifft die Kundendomäne und die funktionale Domäne im Axiomatic Design. Er umfasst die Ermittlung von Kundenanforderungen an das zu entwerfende Softwaresystem. Die Kundenanforderungen umreißen relativ grob die Eigenschaften der zu entwickelnden SOA.

Sie werden aus den Geschäftsprozessen abgeleitet, die in Phase „1.1 Anforderungsermittlung“ des Entwicklungsprozesses SOA ermittelt werden [Erl2005, 363-365]. Diese Phase liefert den Informationsinput für den ersten Schritt des V-Modells des Axiomatic Design. Im Rahmen des Fallbeispiels wurde der folgende Prozess ermittelt (Bild 7).

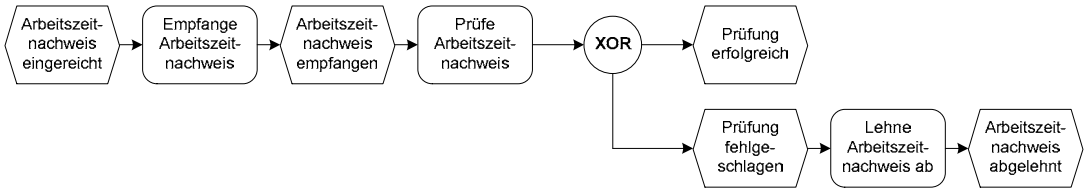


Bild 7: Prozess zur Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitnachweisen[5]

Den Kundenanforderungen werden funktionale Anforderungen und Restriktionen zugeordnet. Die funktionalen Anforderungen bilden dabei logische Kontexte ab (z. B. die betriebswirtschaftliche Funktion „Rechnung buchen“ oder die Entität „Buchhaltungssystem“), nach denen später Operationen und Services gruppiert werden können. Restriktionen ergänzen die funktionalen Anforderungen, indem sie den Lösungsraum der physischen Domäne einschränken. Die wichtigste Kundenanforderung, die in unserem Beispiel ermittelt wurde, lautet: KA1: „Wir benötigen eine SOA, welche die vollautomatische Bearbeitung des Prozesses zur Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitnachweisen ermöglicht“. Dieser Kundenanforderung wird folgende funktionale Anforderung zugeordnet: FA1: „Bilde den Prozess der Vorlage und Prüfung von Arbeitzeitnachweisen ab“. Eine typische Restriktion beim Entwurf SOA ist die Anforderung, die SOA auf Basis von Webservices zu entwickeln.

Im zweiten und dritten Schritt (Zuordnung und Dekomposition) werden den funktionalen Anforderungen der funktionalen Domäne geeignete Designparameter in der physischen Domäne zugeordnet. Die Designparameter repräsentieren Daten der Serviceverarbeitung [Erl2005, 35-37]. Es muss darauf geachtet werden, dass die Designparameter nicht die Restriktionen verletzen. Anschließend erfolgt die Dekomposition der funktionalen Anforderungen und Designparameter durch Sprung zwischen der funktionalen und der physischen Domäne. Während der Dekomposition muss auf jeder Hierarchieebene sichergestellt werden, dass das Unabhängigkeitsaxiom erfüllt ist. Dies geschieht durch

[4] Diese Abbildung haben wir in Anlehnung an [SuDo2000, 96] erstellt.
[5] Diese Abbildung haben wir in Anlehnung an [Erl2005, 430-444] erstellt.

Prüfung der Zuordnungsbeziehungen der Einflussmatrizen, die auf jeder Ebene gebildet werden. Abhängigkeiten, die auf der Diagonalen einer Matrix liegen, werden durch Großbuchstaben, alle sonstigen Abhängigkeiten werden durch Kleinbuchstaben dargestellt. In diesem Fallbeispiel wurden insgesamt fünf Dekompositionsebenen gebildet. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, werden im Folgenden nur die Matrizen der ersten beiden Ebenen dargestellt (Tabelle 4 und Tabelle 5). Eine vollständige Auflistung aller Matrizen ist in Anhang A (ab Seite 29) wiedergegeben.

	DP1: Daten des Prozess der Arbeitzeitnachweisvorlage
FA1: Bilde den Prozess der Vorlage und Prüfung von Arbeitzeitnachweisen ab	**A**

Tabelle 4: Einflussmatrix der ersten Dekompositionsebene

Die Inhalte der Matrizen verdeutlichen, welche Designparameter zur Erfüllung der funktionalen Anforderungen benötigt werden. Die Inhalte der Matrix in Tabelle 5 zeigt, dass z. B. zur Erfüllung der funktionalen Anforderung: FA11: „nehme Arbeitszeitnachweis entgegen“ und FA12: „verarbeite Arbeitszeitnachweis“ die Daten des Arbeitszeitnachweises, repräsentiert durch: DP11: „Arbeitszeitnachweis“, benötigt werden.

	DP11: Arbeitszeitnachweis	**DP12**: Daten zur Verarbeitung des Arbeitzeitnachweises
FA11: nehme Arbeitszeitnachweis entgegen	**B**	
FA12: verarbeite Arbeitszeitnachweis	**a**	**C**

Tabelle 5: Einflussmatrix der zweiten Dekompositionsebene

Zur Erfüllung der funktionalen Anforderung FA12: „verarbeite Arbeitszeitnachweis“ werden zusätzlich Daten benötigt, die während der Verarbeitung eines Arbeitszeitnachweises wichtig sind. Diese Daten werden auf der zweiten Dekompositionsebene noch sehr abstrakt als: DP12: „Daten zur Verarbeitung des Arbeitzeitnachweises“ bezeichnet. Auf den tiefer liegenden Dekompositionsebenen (Tabelle 6) werden diese Daten jedoch weiter verfeinert und konkretisiert, z. B. zu: DP1141: „Profildaten“ oder DP11221: „abgerechnete Stunden“.

In Schritt vier (Gesamteinflussmatrix) wird die Gesamteinflussmatrix (Tabelle 6) gebildet. Diese Matrix zeigt die Beziehungen zwischen den funktionalen Anforderungen und Designparametern aller Hierarchieebenen. Sie ergibt sich aus der Zusammenfassung der Einflussmatrizen aller Hierarchiestufen des Dekompositionsprozesses. Die Gesamteinflussmatrix ist eine wichtige Grundlage für die folgenden Schritte. Mit ihrer

Hilfe wird überprüft, ob die Designentscheidungen konsistent sind, die während der Dekomposition getroffen wurden.

					DP1: Daten des Prozesses der Arbeitzeitnachweisvorlage									
					DP11: Arbeitszeit-nachweis	DP12: Daten zur Verarbeitung des Arbeitzeitnachweises								
					DP111: Arbeitszeit-nachweis	DP112: Prüfdaten				DP113: Prüfergebnisdaten		DP114: Mitarbeiter-daten	DP115: Mitteilungsdaten	
						DP1121: Arbeitszeitnachweisdaten			DP1122: Rechnungs-daten	DP1131: Kunden-abrechnungs-übereinstimmung	DP1132: Genehmigungsexistenz	DP1141: Profildaten	DP1151: Mitarbeiter-ablehnung	DP1152: Vorgesetzten-mitteilung
						DP11211: Stunden-nachweis	DP11212: Überstunden-nachweis	DP11213: Genehmigungsnachweis	DP11221: abgerechnete Stunden					
FA1: bilde den Prozess der Arbeitzeitnachweisvorlage ab	FA11: nehme AZN entgegen	FA111: speichere Arbeitszeitnachweis			D: speichere-Arbeitszeit-nachweis	B						C		
	FA12: verarbeite Arbeitszeitnachweis	FA112: ermittle Profildaten	FA1121: ermittle Arbeitszeit-nachweisdaten	FA11211: ermittle Stunden	a: Nachricht D	P: ermittle-Stunden			I	E				
				FA11212: ermittle Überstunden	a: Nachricht D		Q: ermittleÜber-stunden		J					
				FA11213: ermittle Genehmigungen	a: Nachricht D			R: ermittleGe-nehmigungen						
			FA1122: ermittle Rechnungsdaten	FA11221: ermittle abgerechnete Stunden					S: ermittleAbge-rechnete-Stunden		F			
		FA113: prüfe Arbeitszeitnachweis	FA1131: prüfe Übereinstimmung mit Kundenabrechnung			b: Nachricht P			b: Nachricht S	K: prüfeÜber-einstimmung				
			FA1132: prüfe Genehmigungen für Überstunden				b: Nachricht Q	b: Nachricht R			L: prüfeGe-nehmigungen	G		
		FA114: aktu-alisiere Mitarbei-terdaten	FA1141: aktualisiere Profildaten							c: Nachricht K	c: Nachricht L	M: aktualisiere-Profildaten		H
		FA115: sende Mitteilungen	FA1151: sende Ablehnung an Mitarbeiter							d: Nachricht K	d: Nachricht L	e: Nachricht M	N: sendeAb-lehnung	
			FA1152: sende Mitteilung an Vorgesetzten							d: Nachricht K	d: Nachricht L	e: Nachricht M		O: sende-Mitteilung

Tabelle 6: Gesamteinflussmatrix[6]

Der fünfte Schritt (Identifikation) dient der Identifikation serviceorientierter Konstrukte (Tabelle 7). Die Inhalte der Gesamteinflussmatrix werden dabei auf Services und Operationen abgebildet. Aus den funktionalen Anforderungen werden vorläufige Services, so genannte Servicekandidaten abgeleitet. Die Daten, die der Service verarbeitet, ergeben sich aus den Designparametern. Operationen der Services werden durch die Elemente innerhalb der Gesamteinflussmatrix repräsentiert.

[6] Eine größere Darstellung dieser Matrix befindet sich im Anhang auf Seite 31.

Service	FA1	Arbeitzeitnachweis-vorlageprozess	FA11	Arbeitszeitnachweis-entgegennahme	FA12	Arbeitszeitnach-weisverarbeitung	FA112	Prüfdatenermittlung	FA113	Arbeitsnachweis-prüfung
Daten	DP11	Arbeitzeitnachweis Daten zur Verarbeitung des	DP111	Arbeitszeitnachweis	DP112	Prüfdaten	DP1121	Arbeitszeitnachweis-daten	DP1131	Kundenabrechnungs-übereinstimmung
	DP12	Arbeitzeitnachweises			DP113	Prüfergebnisdaten	DP1122	Rechnungsdaten	DP1132	Genehmigungs-existenz
					DP114	Mitarbeiterdaten				
					DP115	Mitteilungsdaten				
Opera-tionen	A	*Arbeitzeitnachweis-vorlageprozess*	B	*Arbeitszeitnachweis-entgegennahme*	C	*Arbeitszeitnachweis-verarbeitun*	E	*Prüfdatenermittlung*	F	*Arbeitsnachweis-prüfung*
									K	prüfeÜbereinstimmung
			D	speichereArbeitszeit-nachweis					L	prüfeGenehmigungen

Service	FA114	Mitarbeiterdaten-aktualisierung	FA115	Mitteilungsver-sendung	FA1121	Arbeitszeitnachweis-datenermittlung	FA1122	Rechnungsdaten-ermittlung	
Daten	DP1141	Profildaten	DP1151	Mitarbeiterablehnung	DP11211	Stundennachweis	DP11221	abgerechnete Stunden	
			DP1152	Vorgesetztenmitteilung	DP11212	Überstundennachweis			
					DP11213	Genehmigungsnachweis			
Opera-tionen	G	*Mitarbeiterdaten-aktualisierung*	H	*Mitteilungsver-sendung*	I	*Arbeitszeitnachweis-datenermittlung*	J	*Rechnungsdaten-ermittlung*	
	M	aktualisiereProfildaten	N	sendeAblehnung	P	ermittleStunden	S	ermittleAbgerechneteStunden	
			O	sendeMitteilung	Q	ermittleÜberstunden			
					R	ermittle-Genehmigungen			

Tabelle 7: Identifikation serviceorientierter Konstrukte[7]

Im sechsten Schritt (Entwurf) werden die identifizierten Konstrukte in eine vorläufige SOA überführt. Die Ergebnisse werden anschließend der Phase „2. Design“ des Entwicklungsprozesses für SOA zugeführt. Die Spezifikation der SOA kann mit Hilfsmitteln der UML abgebildet werden [LaPi2005]. Sie beinhaltet die zuvor identifizierten Services, deren Operationen und Daten. Außerdem werden Abhängigkeiten zwischen Services auf Grund einer Servicekomposition oder auf Grund des Nachrichtenaustausches zwischen Services spezifiziert. Diese Abhängigkeiten werden ebenfalls aus der Gesamteinflussmatrix abgeleitet. Servicekompositionen ergeben sich aus der hierarchischen Strukturierung der funktionalen Anforderungen und Designparameter. Der Nachrichtenaustausch zwischen Services wird aus den nichtdiagonalen Inhaltselementen der Gesamteinflussmatrix abgeleitet. Aus der Matrix lassen sich sowohl Inputdaten als auch Outputdaten eines Services ablesen. Bild 8 wurde in Anlehnung an ein UML-Klassendiagramm erstellt. Es beinhaltet alle im letzten Schritt identifizierten Services sowie deren Operationen und Abhängigkeiten. Kompositionsbeziehungen zwischen Services werden durch Aggregationsbeziehungen im UML-Diagramm ausgedrückt.

[7] Eine größere Darstellung dieser Tabelle befindet sich im Anhang auf Seite 32.

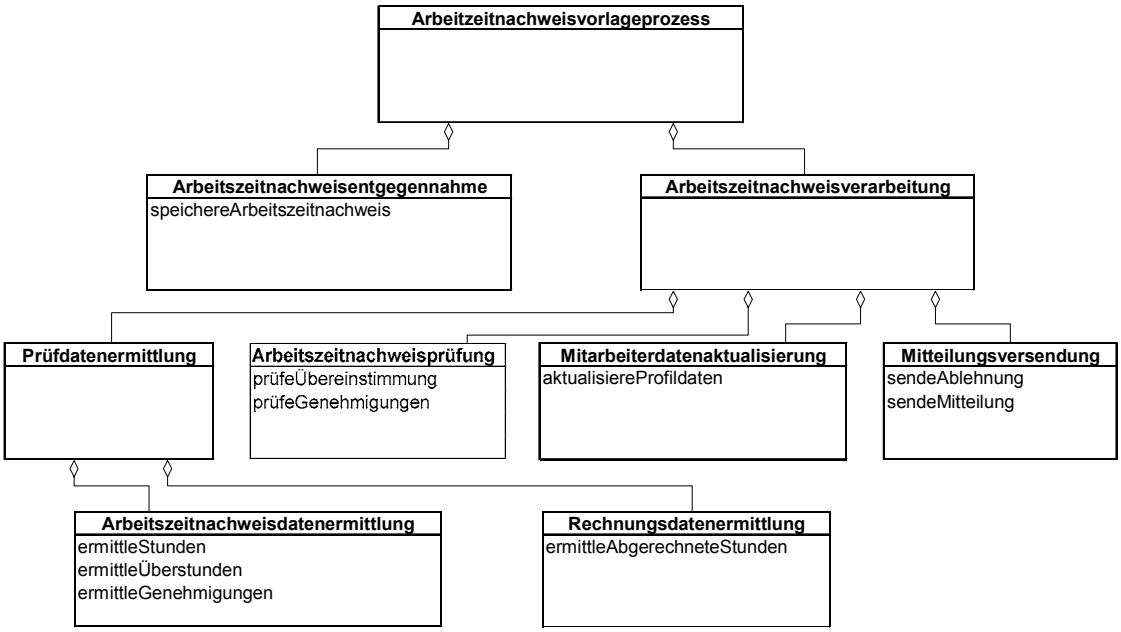


Bild 8: Servicekomposition

Schritt sieben (Realisierung) betrifft die Prozessdomäne im AD. Er bezieht sich auf die Realisierung der SOA auf einer technischen Plattform. Dieser Prozessschritt begleitet die Implementierungsphase des Entwicklungsprozesses SOA. Axiomatic Design kann diese Phase durch Bereitstellung und Anwendung verschiedener Hilfsmittel, z. B. durch das so genannte Flussdiagramm unterstützen. Dieses Diagramm wird aus der Gesamteinflussmatrix abgeleitet. Es beschreibt die Bestandteile der entworfenen SOA und gibt gleichzeitig eine Reihenfolge vor, in welcher diese Bestandteile implementiert werden sollen. Es bildet daher z. B. die Grundlage zur Planung von Aufgaben, Ressourcen und Hilfsmitteln zur Realisierung der SOA. Da es sich hierbei um Aufgaben außerhalb des Entwurfs handelt, wird in diesem Beitrag auf eine detaillierte Beschreibung des Schritts sieben verzichtet.

4.3 Kritische Analyse des Beitrags von Axiomatic Design

Im Folgenden wollen wir darlegen, welchen Beitrag AD zur Erreichung der Architekturziele „hohe Autonomie“, „lose Kopplung“ und „ausgewogene Granularität“ beim Entwurf von SOA leisten kann und welche Nachteile dem gegenüber stehen.

Die Anwendung von AD fördert eine hohe Autonomie der Services, da Entwurfsanforderungen klar voneinander abgegrenzt werden. Im Rahmen der Zuordnung und Dekomposition (Schritt zwei und drei im V-Modell des AD) wird sichergestellt, dass für jede funktionale Anforderung einer Dekompositionsebene auf der nächst tieferen Ebene

ausschließlich FA-DP-Kombinationen erarbeitet werden, die einen Beitrag zur Erfüllung dieser funktionalen Anforderung leisten. Im Fallbeispiel (Tabelle 6) zielen z. B. die funktionalen Anforderungen FA1131, FA1132 und korrespondierende DP ausschließlich auf die Erfüllung der funktionalen Anforderung FA113: „prüfe Arbeitszeitnachweis“. Dies zeigt, dass auf jeder Dekompositionsebene kohärente Teillösungen gruppiert werden, die auf die Erfüllung einer funktionalen Anforderung abzielen. Auf diese Weise entstehen Services, deren Operationen ebenfalls auf genau einen definierten Kontext (z. B. eine Aufgabe) ausgerichtet sind. Aus der funktionalen Anforderung FA113 wird der Service „Arbeitszeitnachweisprüfung“ abgeleitet (Bild 8). Er beinhaltet die zwei Operationen „prüfeÜbereinstimmung“ und „prüfeGenehmigung“. Diese Operationen sind kohärent, da sie beide auf genau einen Kontext (die Aufgabe, den Arbeitszeitnachweis zu prüfen) ausgerichtet sind.

Durch AD wird auch das Ziel die lose Kopplung gefördert, da die Unabhängigkeit von Entwurfsbestandteilen angestrebt wird. Dies wird durch das Unabhängigkeitsaxiom erreicht. Es stellt sicher, dass jede funktionale Anforderung durch möglichst wenige Designparameter beeinflusst wird. Abhängigkeiten sind nur auf oder unterhalb der Diagonalen der Gesamteinflussmatrix erlaubt. Im Fallbeispiel (Tabelle 6) ist das Unabhängigkeitsaxiom erfüllt, da oberhalb der Diagonalen der Gesamteinflussmatrix alle Felder leer sind. Durch Verminderung der Abhängigkeiten in der Gesamteinflussmatrix wird in der SOA die Anzahl der Beziehungen zwischen den Services reduziert. Im Fallbeispiel erhält z. B. der Service „Arbeitszeitnachweisprüfung“ einen Dateninput vom Service „Prüfdatenermittlung“. In der Gesamteinflussmatrix wird dies durch die nichtdiagonalen Elemente „b“ verdeutlicht. Dieser Service sendet selbst Daten an die Services „Mitarbeiterdatenaktualisierung“ und „Mitteilungsversendung“. Dies wird durch die nichtdiagonalen Elemente „c“ und „d“ verdeutlicht.

AD trägt auch zu einer ausgewogenen Servicegranularität bei, da Entwurfsbestandteile in überschaubarer Komplexität entstehen. Das Top-Down-Vorgehen bei der Zuordnung und Dekomposition bewirkt, dass ein Gesamtsystem rekursiv in immer feiner granulierte Subsysteme zerlegt wird. Jede Dekompositionsebene enthält nur die FA-DP-Kombinationen, die dem Abstraktionsniveau dieser Ebene entsprechen. In der Gesamteinflussmatrix (Tabelle 6) wurde z. B. auf der dritten Dekompositionsebene die noch relativ abstrakte FA112: „ermittle Prüfdaten“ festgelegt. Erst auf der vierten und fünften Ebene erfolgt eine Konkretisierung hinsichtlich der zu ermittelnden Daten – z. B.

konkretisiert FA1121, dass Arbeitszeitnachweisdaten ermittelt werden müssen, FA11211 konkretisiert noch stärker, dass es sich dabei u. a. um Stunden handelt. Auf diese Weise wird die Komplexität der gesamten SOA über mehrere Ebenen auf Einheiten überschaubarer Größe verteilt. So wird sichergestellt, dass keine zu grob granulierten Services entstehen. Im geschilderten Beispiel wurde aus FA112 der Service „Prüfdatenermittlung“ abgeleitet (Bild 8). Er sorgt für die Komposition der feiner granulierten Services „Arbeitszeitnachweisdatenermittlung“ und „Rechnungsdatenermittlung“.

Diesen Vorteilen stehen einige negative Aspekte von AD gegenüber. Ein Nachteil der Anwendung von AD ist der hohe Dokumentationsaufwand. Auf jeder Ebene des Zuordnungs- und Dekompositionsprozesses müssen Designgleichungen und -matrizen erstellt werden. Zwar kann dieser Aufwand durch Verwendung der Software Acclaro® verringert werden.[8] Die FA-DP-Kombinationen müssen aber in jedem Fall manuell eingegeben werden. Die Verfechter des AD führen die starke Strukturierung und Formalisierung von Entwurfsprozessen als Vorteil auf, da positive Effekte, wie die Reduzierung von Entwurfsschritten und eine Erhöhung der Kreativität der Designer, entstehen sollen [Suh2001, 239 ff.]. Allerdings ist die Erstellung der Gesamteinflussmatrix aufwändig. Die benötigte Zeit fehlt evtl. für andere Aufgaben. Wie die Softwareentwicklung zeigt, kann eine zu starke Strukturierung und Formalisierung auch zu nachteiligen Effekten führen, z. B. zur Einschränkung von Kreativität.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben an einer Fallstudie demonstriert, dass AD dazu beiträgt, die Architekturziele „ausgewogene Granularität“, „lose Kopplung“ und „hohe Autonomie“ für SOA zu fördern. AD hilft auch, den Entwurfsprozess für SOA aus einer fachlichen Perspektive zu strukturieren.

Wir konnten zwar zeigen, dass AD einen positiven Beitrag zum Entwurf SOA leistet. Offen ist allerdings, wie groß dieser Beitrag in realen Entwicklungsprojekten ist. In weiteren Experimenten und Fallstudien bleibt daher zu prüfen, inwieweit die beschriebenen Vorteile in realen Projekten zur Entwicklung umfangreicher SOA erreicht

[8] Informationen zur Software Acclaro® sind unter: http://www.axiomaticdesign.com abrufbar.

werden können. Außerdem muss untersucht werden, ob die Vorteile der Anwendung von AD den Aufwand rechtfertigen, der mit der Anwendung der Methode verbunden ist.

In Rahmen dieses Beitrages konnten wir aus Platzgründen nur auf einige Aspekte des AD eingehen. Es wäre z. B. interessant, auch den Beitrag des Informationsaxioms zum Entwurf von SOA zu analysieren, da es die quantitative Bewertung der Komplexität eines Entwurfes ermöglicht und somit zur Bewertung und Auswahl alternativer SOA-Spezifikationen herangezogen werden kann. Außerdem bietet AD weitere Hilfsmittel zur Unterstützung der Implementierungsphase an [Suh1998; Suh2001, 196-198]. Wir planen, auch den Beitrag dieser Hilfsmittel für die Entwicklung von SOA zu untersuchen.

Wir haben uns darauf beschränkt, die Auswirkungen von AD auf ausgewählte Architekturziele zu untersuchen. Wir vermuten, dass AD auch einen positiven Einfluss auf weitere Ziele – wie z. B. Geschäftsorientiertheit – hat. Allerdings gilt dies nicht für alle Ziele. Bestimmte Ziele, wie die Zustandslosigkeit oder Abstraktheit repräsentieren grundlegende Prinzipien für SOA, die zwar beim Entwurf berücksichtigt werden müssen, aber nicht direkt durch eine spezifische Entwurfsmethode beeinflusst werden können.

Fraglich ist auch, inwieweit die am Fallbeispiel demonstrierten Erkenntnisse allgemeine Gültigkeit besitzen. Die Konzepte von Axiomatic Design sind in jedem Anwendungsgebiet – beim Entwurf von Produkten, Software, SOA, etc. – dieselben. Daraus schlussfolgern wir, dass auch die Vorteile des Axiomatic Design in jedem Anwendungsgebiet erzielt werden können. Wir vermuten, dass die Erreichung der Architekturziele für SOA, unabhängig von den Besonderheiten eines spezifischen Entwicklungsprojektes, durch den Einsatz von Axiomatic Design gefördert werden kann. Zur Überprüfung dieser Vermutung, haben wir die Durchführung und Evaluierung weiterer Fallstudien und Praxisprojekte geplant.

Literaturverzeichnis

[Balz1998] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik: Software-Management, Softwarequalitätssicherung, Unternehmensmodellierung. Spektrum, Heidelberg et al. 1998.

[BDDM2005] Benatallah, B.; Dijkman, R. M.; Dumas, M.; Maamar, Z.: Service Composition: Concepts, Techniques, Tools and Trends. In: Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices. IGP, Hershey et al. 2005, S. 48-66.

[BiLi2006] Bichler, M.; Lin, K.-J.: Service-Oriented Computing. In: IEEE Computer 39 (2006) 3, S. 99-103.

[BMAP2002] Baxter, J. E.; McKay, A.; Agouridas, V.; de Pennington, A.: Supply Chain Design: An Application of Axiomatic Design. In: Proceedings of ICAD2002. Cambridge 2002.

[Boeh1981] Boehm, B. W.: Software Engineering Economics. Prentice-Hall, Englewood Cliffs et al. 1981.

[BuGa2005] Buchmann, I.; Gamber, M.: Methoden zur Unterstützung der Entwicklung einer SOA. In: Cremers, A. B. et al. (Hrsg.): Informatik 2005: Informatik live! GI, Bonn 2005, S. 601-605.

[Bund2005] Bundesrepublik Deutschland: V-Modell XT, Version 1.2.0. http://ftp.uni-kl.de/pub/v-modell-xt/Release-1.2/Dokumentation/pdf/V-Modell-XT-Komplett.pdf, 2005, Abruf am 2006-04-25.

[CaGl1990] Card, D. N.; Glass, R. L.: Measuring Software Design Quality. Prentice Hall, Englewood Cliffs 1990.

[CeHa2005] Cervantes, H.; Hall, R. S.: Technical Concepts of Service Orientation. In: Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices. IGP, Hershey et al. 2005, S. 1-26.

[ClHi2000] Clapsis, P. J.; Hintersteiner, J. D.: Enhancing Object-Oriented Software Development through Axiomatic Design. In: First International Conference on Axiomatic Design (ICAD2000). Cambridge 2000, S. 272-277.

[DJMZ2005] Dostal, W.; Jeckel, M.; Melzer, I.; Zengler, B.: Service-Orientierte Architekturen mit Web Services: Konzepte - Standards - Praxis. Spektrum, München 2005.

[DoPa2001] Do, S.-H.; Park, G.-J.: Application of Design Axioms for Glass Bulb Design and Software Development for Design Automation. In: Journal of Mechanical Design 123 (2001) 3, S. 322-329.

[DoSu2000] Do, S.-H.; Suh, N. P.: Object-Oriented Software Design with Axiomatic Design. In: Proceedings of ICAD2000. Cambridge 2000, S. 278-284.

[DoSu1999] Do, S.-H.; Suh, N. P.: Systematic OO Programming with Axiomatic Design. In: IEEE Computer 32 (1999) 10, S. 121-124.

[EAAC2004] Endrei, M.; Ang, J.; Arsanjani, A.; Chua, S. et al.: Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services. http://www.redbooks.ibm.com, 2004, Abruf am 2006-06-27.

[EKAP2005] Erradi, A.; Kulkarni, N.; Anand, S.; Padmanabhuni, S.: Designing Reusable Services: An Experimential Perspective for the Securities Trading Domain. In: Chung, J.-Y. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First International Workshop on Design of Service-Oriented Applications (WDSOA'05). IBM Research Division, Amsterdam 2005, S. 25-32.

[EMPR2005] Eidson, B.; Maron, J.; Pavlik, G.; Raheja, R.: SOA and the Future of Application Development. In: Chung, J.-Y. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First International Workshop on Design of Service-Oriented Applications (WDSOA'05). IBM Research Division, Amsterdam 2005, S. 1-8.

[EnNo2000] Engelhardt, F.; Nordlund, M.: Strategic Planning based on Axiomatic Design. In: Proceedings of ICAD2000. Cambridge 2000, S. 26-34.

[Erl2005] Erl, T.: Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River et al. 2005.

[FiSt2007] Fiege, R.; Stelzer, D.: Analyse des Beitrages von Axiomatic Design zum Entwurf Serviceorientierter Architekturen. In: 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik. Karlsruhe 2007.

[HaSc2006] Hagen, C.; Schwinn, A.: Measured Integration - Metriken für die Integrationsarchitektur. In: Schelp, J. et al. (Hrsg.): Integrationsmanagement.

Planung, Bewertung und Steuerung von Applikationslandschaften. Springer, Berlin et al. 2006, S. 267-292.

[HiNa1999] Hintersteiner, J. D.; Nain, A. S.: Integrating Software into Systems: An Axiomatic Design Approach. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Design and Automation. Vancouver 1999, S. 1-7.

[Jams2004] Jamshidnezhad, B.: Towards a Rational Basis for User Interface Design Methods. In: Proceedings of ICAD2004. Seoul 2004.

[Kaye2003] Kaye, D.: Loosely Coupled: The Missing Pieces of Web Services. RDS Press, Marin County 2003.

[Kim1987] Kim, S. G.: The Knowledge Synthesis System for Injection Molding. In: International Journal of Robotics at CIM 3 (1987) 3.

[KiSK1991] Kim, S. J.; Suh, N. P.; Kim, S. G.: Design of Software Systems based on Axiomatic Design. In: Robotics & Computer-Integrated Manufacturing 8 (1991) 4, S. 243-255.

[KoHB2005] Kotonya, G.; Hutchinson, J.; Bloin, B.: A Method for Formulating and Architecting Component- and Service-Oriented Systems. In: Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices. IGP, Hershey et al. 2005, S. 155-181.

[LaMB2005] Laures, G.; Meyer, H.; Breest, M.: An Engineering Method for Semantic Service Applications. In: Chung, J.-Y. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First International Workshop on Design of Service-Oriented Applications (WDSOA'05). IBM Research Division, Amsterdam 2005, S. 79-86.

[LaPi2005] Latchem, S.; Piper, D.: Service-Oriented Design Process Using UML. In: Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices. IGP, Hershey et al. 2005, S. 88-108.

[MaBe2006] Marks, E. A.; Bell, M.: Service-Oriented Architecture: A Planning and Implementation Guide for Business and Technology. Wiley, Hoboken et al. 2006.

[Pall2001] Pallos, M. S.: Service-Oriented Architecture: A Primer. In: eAI Journal (2001), S. 32-35.

[Raas1993] Raasch, J.: Systementwicklung mit strukturierten Methoden: ein Leitfaden für Praxis und Studium. 3. Aufl., Hanser, München et al. 1993.

[ScTs2000] Schreyer, M.; Tseng, M. M.: Hierarchical State Decomposition for Design of PLC Software by applying Axiomatic Design. In: Proceedings of ICAD2000. Cambridge 2000, S. 264-271.

[SiHu2005] Singh, M. P.; Huhns, M. N.: Service-Oriented Computing: Semantics, Processes, Agents. Wiley, Chichester et al. 2005.

[SSLD2005] Steen, M. W. A.; Strating, P.; Lankhorst, M. M.; Doest, H. W. L.: Service-Oriented Enterprise Architecture. In: Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices. IGP, Hershey et al. 2005, S. 132-153.

[SuDo2000] Suh, N. P.; Do, S.-H.: Axiomatic Design of Software Systems. In: Annals of the CIRP 49 (2000) 1, S. 95.

[Suh1998] Suh, N. P.: Axiomatic Design Theory for Systems. In: Research in Engineering Design 10 (1998) 4, S. 189-209.

[Suh1990] Suh, N. P.: The Principles of Design. Oxford, New York et al. 1990.

[Suh2001] Suh, N. P.: Axiomatic Design: Advances and Applications. Oxford, New York 2001.

[VACI2005] Vogel, O.; Arnold, I.; Chughtai, A.; Ihler, E. et al.: Software-Architektur: Grundlagen - Konzepte - Praxis. Spektrum, München 2005.

[YiPa2004] Yi, J.-W.; Park, G.-J.: Software Development of a Sequential Algorithm with Orthogonal Arrays (SOA) using Axiomatic Design. In: Proceedings of ICAD2004. Seoul 2004.

[ZiKG2004] Zimmermann, O.; Krogdahl, P.; Gee, C.: Elements of Service-Oriented Analysis and Design: An interdisciplinary modeling Approach for SOA Projects. http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soad1/, 2004, Abruf am 2006-01-24.

[ZSWP2005] Zimmermann, O.; Schlimm, N.; Waller, G.; Pestel, M.: Analysis and Design Techniques for Service-Oriented Development and Integration. In: Cremers, A. B. et al. (Hrsg.): Informatik 2005: Informatik live! GI, Bonn 2005, S. 606-611.

Anhang A

Anhang A enthält die Einflussmatrizen aller Dekompositionsebenen und die Konversionstabelle des Fallbeispiels aus Abschnitt 4.2.

Einflussmatrix der ersten Dekompositionsebene

	DP1: Daten des Prozess der Arbeitzeitnachweisvorlage
FA1: Bilde den Prozess der Vorlage und Prüfung von Arbeitzeitnachweisen ab	**A**

Einflussmatrix

Einflussmatrix der zweiten Dekompositionsebene

	DP11: Arbeitszeitnachweis	**DP12**: Daten zur Verarbeitung des Arbeitzeitnachweises
FA11: nehme Arbeitszeitnachweis entgegen	**B**	
FA12: verarbeite Arbeitszeitnachweis	**a**	**C**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA1

Einflussmatrizen der dritten Dekompositionsebene

	DP111: Arbeitszeitnachweis
FA111: speichere Arbeitszeitnachweis	**D**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA11

	DP112: Prüfdaten	**DP113**: Prüfergebnisdaten	**DP114**: Mitarbeiterdaten	**DP115**: Mitteilungsdaten
FA112: ermittle Prüfdaten	**E**			
FA113: prüfe Arbeitsnachweis	**b**	**F**		
FA114: aktualisiere Mitarbeiterdaten		**c**	**G**	
FA115: sende Mitteilungen		**d**	**e**	**H**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA12

Einflussmatrizen der vierten Dekompositionsebene

	DP1121: Arbeitszeitnachweisdaten	**DP1122**: Rechnungsdaten
FA1121: ermittle Arbeitszeitnachweisdaten	**I**	
FA1122: ermittle Rechnungsdaten		**J**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA112

	DP1131: Kundenabrechnungsübereinstimmung	**DP1132**: Genehmigungsexistenz
FA1131: prüfe Übereinstimmung mit Kundenabrechnung	**K**	
FA1132: prüfe Genehmigungen für Überstunden		**L**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA113

	DP1141: Profildaten
FA1141: aktualisiere Profildaten	**M**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA114

	DP1151: Mitarbeiterablehnung	**DP1152**: Vorgesetztenmitteilung
FA1151: sende Ablehnung an Mitarbeiter	**N**	
FA1152: sende Mitteilung an Vorgesetzten		**O**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA115

Einflussmatrizen der fünften Dekompositionsebene

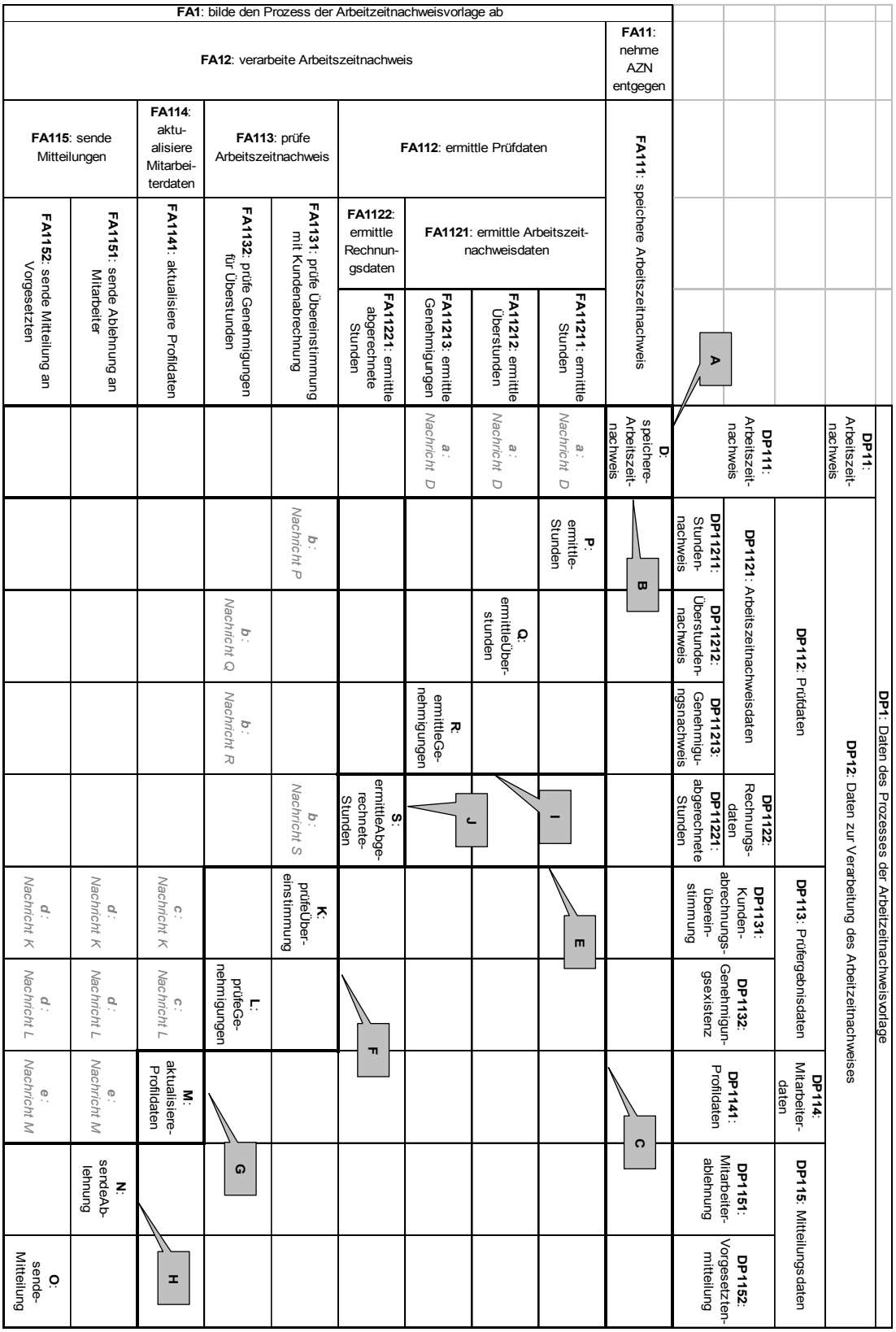
	DP11211: Stundennachweis	**DP11212**: Überstundennachweis	**DP11213**: Genehmigungsnachweis
FA11211: ermittle Stunden	**P**		
FA11212: ermittle Überstunden		**Q**	
FA11213: ermittle Genehmigungen			**R**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA1121

	DP11221: abgerechnete Stunden
FA11221: ermittle abgerechnete Stunden	**S**

Einflussmatrix: Verfeinerung von FA1122

Gesamteinflussmatrix



Gesamteinflussmatrix

Konversionstabelle zur Identifikation serviceorientierter Konstrukte

Service	**FA1**	**Arbeitzeitnachweis-vorlageprozess**	**FA11**	**Arbeitszeitnachweis-entgegennahme**	**FA12**	**Arbeitszeitnach-weisverarbeitung**	**FA112**	**Prüfdatenermittlung**	**FA113**	**Arbeitsnachweis-prüfung**
Daten	**DP11**	Arbeitzeitnachweis	**DP111**	Arbeitszeitnachweis	**DP112**	Prüfdaten	**DP1121**	Arbeitszeitnachweis-daten	**DP1131**	Kundenabrechnungs-übereinstimmung
	DP12	Daten zur Verarbeitung des Arbeitzeitnachweises			**DP113**	Prüfergebnisdaten	**DP1122**	Rechnungsdaten	**DP1132**	Genehmigungs-existenz
					DP114	Mitarbeiterdaten				
					DP115	Mitteilungsdaten				
Opera-tionen	**A**	*Arbeitzeitnachweis-vorlageprozess*	**B**	*Arbeitszeitnachweis-entgegennahme*	**C**	*Arbeitszeitnachweis-verarbeitun*	**E**	*Prüfdatenermittlung*	**F**	*Arbeitsnachweis-prüfung*
			D	speichereArbeitszeit-nachweis					**K**	prüfeÜbereinstimmung
									L	prüfeGenehmigungen

Service Daten	**FA114**	**Mitarbeiterdaten-aktualisierung**	**FA115**	**Mitteilungsver-sendung**	**FA1121**	**Arbeitszeitnachweis-datenermittlung**	**FA1122**	**Rechnungsdaten-ermittlung**
	DP1141	Profildaten	**DP1151**	Mitarbeiterablehnung	**DP11211**	Stundennachweis	**DP11221**	abgerechnete Stunden
			DP1152	Vorgesetztenmitteilung	**DP11212**	Überstundennachweis		
					DP11213	Genehmigungsnachweis		
Opera-tionen	**G**	*Mitarbeiterdaten-aktualisierung*	**H**	*Mitteilungsver-sendung*	**I**	*Arbeitszeitnachweis-datenermittlung*	**J**	*Rechnungsdaten-ermittlung*
	M	aktualisiereProfildaten	**N**	sendeAblehnung	**P**	ermittleStunden	**S**	ermittleAbgerechnete Stunden
			O	sendeMitteilung	**Q**	ermittleÜberstunden		
					R	ermittle-Genehmigungen		

Konversionstabelle: Identifikation serviceorientierter Konstrukte