

Anhang des Buchs

Axiomatic Design: Eine Methode zur serviceorientierten Modellierung

René Fiege

Inhaltsverzeichnis

Anhang	209
A. Bedeutung des Informationsgehalts	209
B. Artefakte der Fallstudien	212
B.1. Prozessbeschreibung	212
B.2. Datenmodelle	213
B.3. Gesamtentwurfsmatrizen	215
B.4. Modul- und vollständige SOA-Hierarchie	224
B.5. UML-Diagramme	225
C. Detaillierte Herleitung der Komplexitätsmaße	229
C.1. Detaillierte Herleitung des Kopplungsmaßes	229
C.2. Validierung des Kopplungsmaßes	233
C.3. Detaillierte Herleitung des Kohäsionsmaßes	234
C.4. Validierung des Kohäsionsmaßes	237
C.5. Detaillierte Herleitung des Maßes der funktionalen Komplexität	238
C.6. Validierung des Maßes der funktionalen Komplexität	242
D. Interviewleitfaden	244
Literaturverzeichnis	248

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle B-1: Beschreibung des Auftragsbearbeitungsprozesses der Fallstudie Oracle	212
Bild B-1: Konzeptuelles Datenmodell der Fallstudie Oracle	213
Bild B-2: Logisches Datenmodell der Fallstudie Oracle	214
Bild B-3: Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle vor der Überarbeitung	215
Bild B-4: Überarbeitung der Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle	216
Bild B-5: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle	217
Bild B-6: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle zur Messung	218
Bild B-7: Alternative Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle zur Messung	219
Bild B-8: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie VW zur Messung	220
Bild B-9: Alternative Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie VW zur Messung	221
Bild B-10: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie BMW zur Messung	222
Bild B-11: Alternative Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie BMW zur Messung	223
Bild B-12: Modul- und vollständige SOA-Hierarchie der Fallstudie Oracle	224
Bild B-13: Komponentendiagramm der Fallstudie Oracle	227
Bild B-14: Kommunikationsdiagramm der Fallstudie Oracle	228

Anhang

A. Bedeutung des Informationsgehalts

Shannon definierte in der Informationstheorie erstmals die Entropie als ein Maß für den mittleren Informationsgehalt einer Nachricht im Rahmen einer Kommunikation [Shan1948]. Die Entropie $H(Y)$ einer Quelle mit der diskret verteilten Zufallsvariable Y mit dem endlichen Zeichenvorrat $\{y_1, y_2, \dots, y_T\}$ (mit Index $t \in \mathbb{N}: t = 1, \dots, T$) ist definiert als:

$$H(Y) = -\sum_{t=1}^T p(y_t) \cdot I(y_t) \quad (36)$$

$p(y_t)$ ist die Einzelwahrscheinlichkeit, mit der das t -te Zeichen aus dem Zeichenvorrat von Y auftritt. $I(y_t)$ ist der Informationsgehalt eines Zeichens y_t . Der Begriff Information wird in verschiedenen Zusammenhängen verwendet. Eine Definition, die allgemein akzeptiert ist und allen Anwendungsaspekten gerecht wird, existiert allerdings nicht [Flor2005, 351; Klem2003]. Ausgangspunkt zur Definition des Informationsbegriffes in der Informationstheorie ist der Grundgedanke, dass mit Information die Gewinnung von neuen Erkenntnissen aus einer Informationsquelle verbunden ist. Damit man von dieser Informationsquelle etwas Neues erfahren (d. h. neue Erkenntnisse gewinnen) kann, muss über die Informationsquelle eine gewisse Unbestimmtheit³¹⁰ vorliegen. Diese Unbestimmtheit kann durch Information reduziert werden. Deshalb spricht man in der Informationstheorie auch von „Information ist beseitigte Unbestimmtheit“ [KIPS2006, 12]. Da sich die hierfür notwendige Informationsmenge nur schwer quantitativ bestimmen lässt, wird in der Informationstheorie nicht die Informationsmenge selbst, sondern ein äquivalenter Ausdruck als Maß für die beseitigte Unbestimmtheit definiert – der Informationsgehalt $I(y_t)$ mit $[I] = \text{bit}$ ³¹¹:

$$I(y_t) = -\log_2(p(y_t)) \quad (37)$$

In der Informationstheorie wird nur die statistische Seite³¹² des Informationsbegriffes berücksichtigt [Joha1992, 19 ff.; KIPS2006, 9]. Die Einbeziehung z. B. semantischer oder pragmatischer Sichtweisen auf den Informationsbegriff wird nicht beachtet. Eine Informationsquelle Y kann z. B. das lateinische Alphabet sein. Es verfügt über einen Zeichenvorrat mit $T = 27$ Zeichen (26 Buchstaben und ein Leerzeichen). Eine Auswahl dieser Zeichen hängt vom Inhalt der zu bildenden Nachricht ab. Dies ist ein semantischer Aspekt, der allerdings in der Informationstheorie nicht beachtet wird. Das aufeinander folgende Austreten der Zeichen aus der

³¹⁰ Die Unbestimmtheit besteht darin, dass man nicht weiß, was aus der Quelle treten wird.

³¹¹ Zur Berechnung des Informationsgehaltes wählt man in der Regel den Logarithmus zur Basis 2. Dies hat zur Folge, dass Information in der Einheit [bit] gemessen wird [KIPS2006, 17]. Würde man hingegen z. B. den Logarithmus zur Basis 3 wählen, dann erhielte man als Einheit „trinäre Bits“. Wichtig ist, dass der in [bit] gemessene Informationsgehalt nicht unbedingt der tatsächlichen Informationsmenge entspricht, die z. B. in Form einer Datei auf der Festplatte abgespeichert wird. Die tatsächliche Informationsmenge hängt u. a. von semantischen Aspekten ab, die in der Informationstheorie allerdings nicht berücksichtigt werden.

³¹² Das bedeutet, dass nur die Sicht auf die wahrscheinlichkeitstheoretische Verteilung der informationstragenden Elemente, z. B. die Zeichen aus einem Alphabet, berücksichtigt wird.

Quelle erscheint einem außenstehenden Beobachter daher als Zufallsprozess. Unter der Annahme, dass Y uniform verteilt ist, gilt, dass jedes Zeichen mit einer Wahrscheinlichkeit $p = 1/27$ auftritt. Die Unbestimmtheit (diese kann man auch als die Wahrscheinlichkeit $1-p = 1-1/27$ ausdrücken) über das Auftreten eines bestimmten Zeichens ist erst dann beseitigt, wenn das Zeichen aus der Quelle getreten ist. Jedes Zeichen ist daher Träger von Informationen. Der Informationsgehalt als äquivalenter Ausdruck der Informationsmenge des Zeichens ist in diesem Beispiel $I = -\log_2(1/27) = 4,755$ [bit]. Es gilt: je größer die Unbestimmtheit über das Eintreten eines Ereignisses ist, desto mehr Information ist notwendig, um diese Unbestimmtheit zu beseitigen. Der Informationsgehalt I ist daher umso größer, je kleiner die Wahrscheinlichkeit p ist.³¹³

Im AD wurden die Grundlagen der Informationstheorie im Zusammenhang mit dem Informationsaxiom aufgegriffen. Der Begriff Information ist im AD definiert als „[...] the measure of knowledge required to satisfy a given $[FA]$ [...]“ [Suh1990, 65]. Gemäß Suh kann Information „[...] the instructions necessary to describe the parts of a product, the processes for making them and the procedures for assembling them“ [FrJE2000, 91] sein. Sie kann in Form von “drawings, equations, material specifications, operational instructions, software etc.” [Suh1990, 64] vorliegen. Im AD wird ebenfalls der Gedanke aufgegriffen, dass durch Information Unbestimmtheit reduziert werden kann. Dabei geht es um Information, die notwendig ist, um die Unbestimmtheit zur Erfüllung einer funktionalen Anforderung zu reduzieren. Die Berechnung des Informationsgehaltes gemäß der Informationstheorie lässt sich auf jeden beliebigen Sachverhalt der Realität übertragen, sofern er als Zufallsexperiment im Sinne der Wahrscheinlichkeitstheorie aufgefasst werden kann. Im Axiomatic Design wird die Erfüllung einer funktionalen Anforderung FA als Zufallsexperiment begriffen. Die FA bilden somit die Zufallsvariablen.³¹⁴

³¹³ Dieser Zusammenhang lässt sich an folgendem Beispiel verdeutlichen [Suh1990, 152]: Angenommen ein Kartenspieler hat die Aufgabe, die korrekte Farbe einer Karte, die zufällig aus einem Stapel von $T = 52$ Karten gezogen wird zu benennen (hier wird von einem französischen Blatt ausgegangen). Da für jede Farbe 13 Karten vorhanden sind, ist $p = 13/52 = 0,25$. Um die Farbe der Karte korrekt bestimmen zu können, benötigt der Kartenspieler daher eine Informationsmenge von $I_1 = -\log_2(0,25) = 2$ [bit]. Der Kartenspieler erhält nun den Hinweis „die Farbe ist rot“. Dadurch reduziert sich die Unbestimmtheit der zu lösenden Aufgabe. Da jetzt nur noch die Karten für Herz und Karo relevant sind, ist $p = 13/26 = 0,5$ und die notwendige Informationsmenge reduziert sich auf $I_2 = -\log_2(0,5) = 1$ [bit]. Der Informationsgehalt des Hinweises, der zur Beseitigung von Unbestimmtheit beigetragen hat, ist somit $I_{\text{Hinweis}} = I_1 - I_2 = 1$ [bit].

³¹⁴ Zur Veranschaulichung kann als Analogie das Zufallsexperiment Münzwurf herangezogen werden. Dabei hat eine Person die Aufgabe, die richtige Seite einer geworfenen Münze zu benennen. Diese Aufgabe entspricht im AD einer funktionalen Anforderung FA . Die Quelle Y ist die Münze. Sie entspricht im Axiomatic Design dem korrespondierenden Designparameter DP . Der Designparameter kann die $T = 2$ Ausprägungen „Kopf“ oder „Zahl“ realisieren. Die funktionale Anforderung kann daher mit einer Erfolgswahrscheinlichkeit von $P = 1/2 = 0,5$ durch ihren Designparameter tatsächlich erfüllt werden. Die Informationsmenge, die notwendig ist, um die funktionale Anforderung zu erfüllen, beträgt daher $I = -\log_2(0,5) = 1$ [bit]. Es handelt sich dabei um die Information des Ereignisses der erfolgreichen Erfüllung der funktionalen Anforderung, also z. B. die Information, dass „Kopf“ geworfen wurde.

Suh definiert den Informationsgehalt folglich als Maß für die Erfolgswahrscheinlichkeit, mit der eine funktionale Anforderung erfüllt werden kann [Suh2001, 39]. Ausgehend von der Informationstheorie wird der Informationsgehalt im AD auch als Informationsmenge aufgefasst, die erforderlich ist, um eine bestimmte funktionale Anforderung erfüllen zu können [KIPS2006, 12; Shan1948; Suh2001, 40]. Je komplexer ein Phänomen ist, desto mehr Information ist für seine Beschreibung notwendig [Suh1990, 147]. Der Informationsgehalt ist daher gleichzusetzen mit der Komplexität einer Aufgabe. Die Aufgabe entspricht im AD einer funktionalen Anforderung. Wenn die Komplexität der Aufgabe wächst, dann reduziert sich die Wahrscheinlichkeit, dass sie erfolgreich gelöst werden kann [Suh1990, 153].³¹⁵ Im Rahmen des Selektionsprozesses wird der Entwurf ausgewählt, welcher die geringste Informationsmenge zur Erfüllung der funktionalen Anforderungen benötigt. Es handelt sich dabei folglich gleichzeitig um den Entwurf mit der höchsten Erfolgswahrscheinlichkeit und – gemäß der AD zugrunde liegenden Annahme – mit der geringsten Komplexität.

³¹⁵ Diese Situation ist vergleichbar mit der Modellierung eines Systems, das aus sehr vielen Teilsystemen und Komponenten mit vielen Abhängigkeiten zueinander besteht. Mit der Anzahl der Komponenten und Abhängigkeiten wächst auch die Wahrscheinlichkeit, dass eine der Komponenten nicht die zuvor definierten Anforderungen erfüllt [Suh1990, 40].

B. Artefakte der Fallstudien

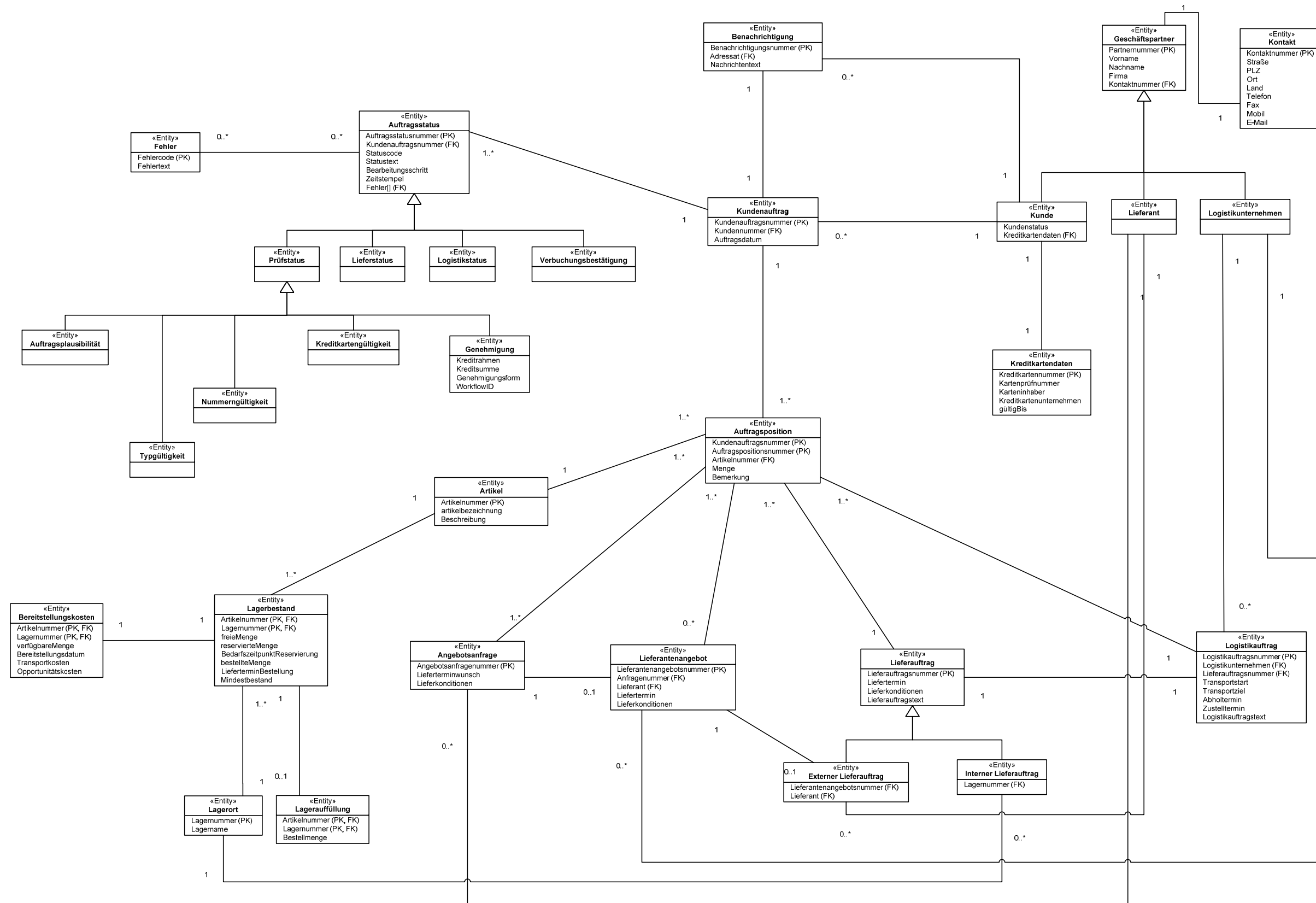
B.1. Prozessbeschreibung

Teilprozess	(1) Empfange den Kundenauftrag	(2) Prüfe den Kundenauftrag	(3) Erfülle den Kundenauftrag	(4) Schließe den Kundenauftrag ab
Prozessziel	Die Daten des neuen Auftrags sind zu erfassen, zu verarbeiten, ggf. zu ergänzen und abschließend zu speichern.	Die Auftragsdaten sind auf ihre Plausibilität zu prüfen und die Kreditwürdigkeit des Kunden ist zu beurteilen.	Für den Auftrag sind ein geeigneter Lieferant und ein Logistikdienstleister auszuwählen und zu beauftragen.	Der Kunde ist über das Ergebnis der Auftragsbearbeitung zu informieren. Die Auftragsdaten sind bei erfolgreichem Abschluss zu verbuchen.
Vorbedingungen	Es ist ein neuer Kundenauftrag eingetroffen.	Die Auftragsdaten liegen vollständig und gespeichert vor.	Die Auftragsdaten wurden erfolgreich geprüft und der Auftrag wurde genehmigt.	a. Der Auftrag wurde vollständig bearbeitet (Lieferung und Zustellung wurden beauftragt). b. Bei der Auftragsprüfung wurden Fehler festgestellt oder der Auftrag wurde nicht genehmigt.
Nachbedingungen	Die Daten des Kundenauftrags sind vollständig erfasst und wurden gespeichert.	a. Die Prüfung wurde erfolgreich abgeschlossen und der Auftrag wurde genehmigt. b. Bei der Prüfung wurden Fehler festgestellt oder der Auftrag wurde nicht genehmigt.	Für die Lieferung der Auftragspositionen wurde ein Lieferant ausgewählt und beauftragt. Für die Zustellung der Lieferung wurde ein Logistikdienstleister ausgewählt und beauftragt.	a. Der Kunde wurde über die erfolgreiche Bearbeitung sowie den voraussichtlichen Zustellungstermin informiert. Die Auftragsdaten wurden verbucht. b. Der Kunde wurde über die Ablehnung des Auftrags und deren Gründe benachrichtigt.
Normalablauf	1. Für den neuen Auftrag wird eine eindeutige Auftragsnummer generiert. 2. Der Auftragsstatus wird gesetzt (z. B. „ungeprüft“). 3. Es wird geprüft, ob die mit dem Auftrag übermittelten Kundendaten bereits in der Kundenverwaltung vorhanden sind. <ul style="list-style-type: none"> a. Sind die Daten vorhanden und vollständig, ist keine Aktualisierung notwendig. b. Sind die Daten nicht vorhanden, wird ein neuer Kundendatensatz angelegt. c. Sind die Daten vorhanden, aber unvollständig, so werden sie ergänzt bzw. aktualisiert. 4. Die Positionen des Auftrags werden gelesen und verarbeitet. 5. Alle Auftragsdaten werden gespeichert.	1. Die Auftragsdaten werden auf ihre Plausibilität geprüft. 2. Der Typ und die Nummer der Kreditkarte werden geprüft. 3. Anhand des Kundenstatus und der Höhe der Auftragssumme wird die Form der Genehmigung für den Kundenauftrag ermittelt. <ul style="list-style-type: none"> a. Automatische Genehmigung des Auftrags b. Manuelle Genehmigung des Auftrags durch Anstoß eines Workflows 	1. Für die Positionen des Kundenauftrags wird jeweils der eigene Lagerbestand ermittelt und die Bereitstellungskosten werden berechnet. 2. Für die Positionen des Kundenauftrags wird eine Angebotsanfrage an potentielle Lieferanten erstellt und versandt. Anschließend werden die eintreffenden Angebote empfangen. 3. Anhand der Kostendaten wird zwischen der Bereitstellung aus dem eigenen Lager und der Fremdlieferung durch einen externen Lieferanten entschieden. 4. Der Lieferauftrag (intern oder extern) wird erteilt. 5. Bei Selbstbereitstellung ist der neue Lagerbestand auf die Unterschreitung des Bestellpunkts zu prüfen und ggf. eine Lagerauffüllung anzustoßen. 6. Anhand der Höhe der Auftragssumme sowie Ausgangs- und Zielort der Lieferung wird ein geeignetes Logistikunternehmen ausgewählt. 7. Das Logistikunternehmen wird mit der Zustellung beauftragt.	1. Der Kunde wird über das Ergebnis der Auftragsbearbeitung (erfolgreich oder abgelehnt) benachrichtigt. 2. Die Auftragsdaten werden bei erfolgreicher Bearbeitung (Vorbedingung a) im entsprechenden System verbucht.
Sonderfälle	keine	Wurde der Auftrag nicht genehmigt oder wurden bei seiner Prüfung wesentliche Fehler festgestellt (Nachbedingung b), kann die Bearbeitung nicht weiter fortgesetzt werden. Die Bearbeitung wird dann mit Teilprozess (4) beendet.	keine	keine

Tabelle B-1: Beschreibung des Auftragsbearbeitungsprozesses der Fallstudie Oracle³¹⁶

³¹⁶ Diese Prozessbeschreibung hat Lüttich [Lütt2007, 133-135] auf der Grundlage einer Übungsanleitung von Oracle [Orac2006, 1 ff.] sowie ergänzenden Prozessanforderungen aus der Abstimmung mit dem Autor dieser Arbeit und dem Ansprechpartner bei Oracle (Bernd Trops) ermittelt.

B.2. Datenmodelle

Bild B-1: Konzeptuelles Datenmodell der Fallstudie Oracle³¹⁷³¹⁷ vgl. [Lütt2007] (elektronischer Anhang der Quelle)

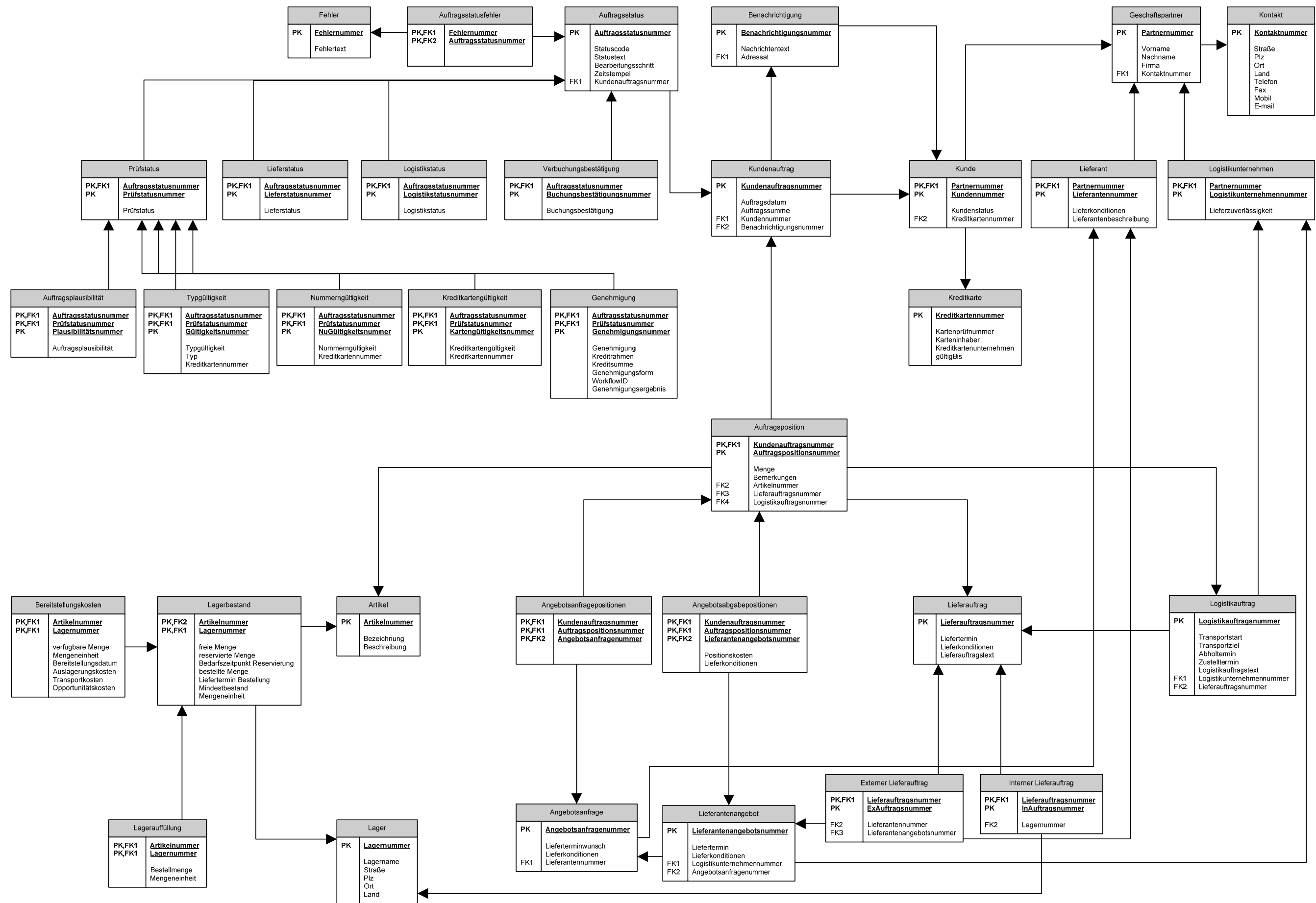


Bild B-2: Logisches Datenmodell der Fallstudie Oracle

B.3. Gesamtentwurfsmatrizen

Notation der DP:

DP <Spaltenindex>: <Inputdaten> | <Outputdaten>

"+" : weitere Inputdaten laut Nichtdiagonalelementen

"-" : keine Input- bzw. Outputdaten definiert

Notation der Nichtdiagonalelemente:

X_D : Datenkopplung

X_S : Steuerungskopplung

X_{SD} : Hybridkopplung

DP ₁ : Daten des Kundenauftrags			DP ₂ : Daten zur Auftragsprüfung										DP ₃ : Daten zur Auftragsprüfung								DP ₄ : Daten zum Abschluss des Kundenauftrags																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
DP ₁₁ : Kopfdaten			DP ₂₄ : Daten zur Auftragsprüfung										DP ₃₂ : Daten zur Auftragsprüfung								DP ₄₂ : Daten zum Abschluss des Kundenauftrags																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
DP ₁₁₁ : Kundenauftragsnummer	DP ₁₁₂ : Statuscode, Auftragsstatusnummer, Statuscode, Statustext, Bearbeitungsschritt, Zeitstempel	DP ₁₁₃ : Kundendaten				DP ₁₂ : Auftragspositionsnummer, Auftragsnummer, Menge, Bemerkungen	DP ₁₃ : -	DP ₂₁ : - Auftragspositionsnummer	DP ₂₂ : + Auftragsplausibilität	DP ₂₃₁ : + Typgültigkeit	DP ₂₃₂ : + Nummerngültigkeit	DP ₂₃₃ : + Kreditkartengültigkeit	DP ₂₄₁ : + Kreditrahmen	DP ₂₄₂ : + Prüfergebnis-ID	DP ₂₄₃ : + Kreditsumme	DP ₂₄₄ : + Genehmigungsform	DP ₂₄₅ : + Genehmigung	DP ₂₄₆₁ : + Workflow-ID	DP ₂₄₆₂ : + Genehmigungsergebnis	DP ₂₅ : + Prüfstatus	DP ₃₁ : - Auftragspositionsnummer	DP ₃₂ : Daten zur Ermittlung des Lieferanten				DP ₃₃ : Daten zur Ermittlung des Logistikunternehmens	DP ₄₁ : - Auftragspositionsnummer	DP ₄₂ : Benachrichtigungsdaten		DP ₄₃ : + Verbuchungsbestätigung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		DP ₃₂₁ : Bestands- und Kostendaten	DP ₃₂₂ : Auftrags- und Angebotsdaten	DP ₃₂₃ : Liefertermin, Lieferkonditionen, Lieferauftragsnummer, Lieferstatus	DP ₃₂₄ : Daten der Mindestbestandsprüfung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
FA ₁₁₁ : Erzeuge Auftragsnummer	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Bild B-3: Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle vor der Überarbeitung³¹⁸

Bild B-4: Überarbeitung der Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle³¹⁹

Bild B-5: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle³²⁰

Notation der DP:
DP_{<Spaltenindex>} : <Inputdaten> | <Outputdaten>
"+" : weitere Inputdaten laut Nichtdiagonalelementen
"–" : keine Input- bzw. Outputdaten definiert

Notation der Nichtdiagonalelemente:
X_D : Datenkopplung
X_S : Steuerungskopplung
X_{S,D} : Hybridkopplung

Farbkennzeichnung der SOA-Hierarchie:

Services der 1. Ebene
Services der 2. Ebene
Services der 3. Ebene
Services der 4. Ebene

		DP ₀ : Daten zur Bearbeitung des Kundenauftrags																																		
		DP ₁ : Daten des Kundenauftrags						DP ₂ : Daten zur Auftragsprüfung										DP ₃ : Daten zur Auftragserfüllung										DP ₄ : Daten zum Abschluss des Kundenauftrags								
		DP ₁₁ : Kopfdaten			DP ₁₁₃ : Kunden- daten	DP ₁₂ : — Auftragsposition	DP ₁₃ : + —	DP ₂₁ : + Auftragsplausibilität	DP ₂₂ : Daten zur Kreditkarten- prüfung		DP ₂₃ : Daten zur Auftragsgenehmigung					DP ₂₄ : + Prüfstatus	DP ₃₁ : Daten zur Ermittlung des Lieferanten					DP ₃₂ : Daten zur Ermittlung des Logistik- unter- nehmens		DP ₄₁ : Benach- richtigungs- daten		DP ₄₂ : + Verbuchungsbestätigung										
		DP ₁₁₁ : — Kundenauftrag	DP ₁₁₂ : Auftragsstatus Auftragsstatus	DP ₁₁₃₁ : Geschäftspartner Kunde					DP ₁₁₃₂ : Geschäftspartner, Kontakt, Kunde, Medikation, + Kunde	DP ₂₂₁ : + Typgültigkeit	DP ₂₂₂ : + Nummerngültigkeit	DP ₂₂₃ : + Kreditkartengültigkeit	DP ₂₃₁ : + Genehmigung	DP ₂₃₂ : + Genehmigung	DP ₂₃₃ : + Genehmigung		DP ₂₃₄ : + Genehmigung	DP ₂₃₅₁ : + Genehmigung	DP ₂₃₅₂ : + Genehmigung	DP ₃₁₁ : Bestands- und Kostendaten		DP ₃₁₂ : Auftrags- und Angebots- daten		DP ₃₁₃ : + Lieferant	DP ₃₁₄ : Lieferauftrag + Lieferauftrag, Lieferstatus		DP ₃₁₅ : Daten der Mindest- bestands- prüfung		DP ₃₂₁ : + Logistikunternehmen	DP ₃₂₂ : Logistikauftrag, + Logistikstatus	DP ₄₁₁ : Benachrichtigung, + Benachrichtigung	DP ₄₁₂ : Benachrichtigung, + Benachrichtigung				
DP ₃₁₁₁ : + Lagerbestand	DP ₃₁₁₂ : + Bereitstellungskosten																			DP ₃₁₂₁ : Angebotsanfrage, + Angebotsanfrage	DP ₃₁₂₂ : + Lieferantenangebot, Angebotsabgabeposition	DP ₃₁₅₁ : + Lagerbestand	DP ₃₁₅₂ : + Lagerauffüllung													
FA ₀ : Bearbeite Kundenauftrag	FA ₁ : Empfange Kundenauftrag	FA ₁₁ : Verarbeite Auftragskopf	FA ₁₁₁ : Erzeuge Auftragsnummer																										M ₁₁₁							
			FA ₁₁₂ : Setze Auftragsstatus																										M ₁₁₂							
			FA ₁₁₃ : Verar- beite Kunden- daten	FA ₁₁₃₁ : Suche vorhandene Kundendaten																													M ₁₁₃₁			
				FA ₁₁₃₂ : Speichere neue Kundendaten																													M ₁₁₃₂			
		FA ₁₂ : Verarbeite Auftragspositionen																										M ₁₂								
	FA ₁₃ : Speichere Auftragsdaten																										M ₁₃									
	FA ₂ : Prüfe Kundenauftrag	FA ₂₁ : Prüfe Gültigkeit der Kreditkarte	FA ₂₁ : Prüfe Plausibilität																										M ₂₁							
			FA ₂₂₁ : Prüfe Kreditkartentyp																										M ₂₂₁							
			FA ₂₂₂ : Prüfe Kreditkartennummer																										M ₂₂₂							
			FA ₂₂₃ : Entscheide Gültigkeit																										M ₂₂₃							
FA ₂₃ : Prüfe Genehmigungsfähigkeit		FA ₂₃₁ : Prüfe Kundenstatus																										M ₂₃₁								
		FA ₂₃₂ : Prüfe Auftragssumme																										M ₂₃₂								
		FA ₂₃₃ : Entscheide Genehmigungsform																										M ₂₃₃								
		FA ₂₃₄ : Genehmige Auftrag automatisch																										M ₂₃₄								
		FA ₂₃₅ : Geneh- mige Auftrag manuell	FA ₂₃₅₁ : Starte Genehmigungsworkflow																														M ₂₃₅₁			
			FA ₂₃₅₂ : Ermittle Workflowergebnis																														M ₂₃₅₂			
FA ₂₄ : Entscheide weitere Auftragsbearbeitung																											M ₂₄									
FA ₃ : Erfülle Kundenauftrag	FA ₃₁ : Ermittle Lieferant	FA ₃₁₁ : Prüfe eigene Liefer- möglich- keit	FA ₃₁₁₁ : Ermittle Lagerbestand																														M ₃₁₁₁			
			FA ₃₁₁₂ : Berechne Bereitstellungskosten																														M ₃₁₁₂			
		FA ₃₁₂ : Hole Liefer- anten- angebot ein	FA ₃₁₂₁ : Übermittle Auftragspositionen																														M ₃₁₂₁			
			FA ₃₁₂₂ : Empfange Angebot																														M ₃₁₂₂			
		FA ₃₁₃ : Wähle Lieferant aus																										M ₃₁₃								
		FA ₃₁₄ : Erteile Lieferauftrag																										M ₃₁₄								
		FA ₃₁₅ : Prüfe Mindest- bestand	FA ₃₁₅₁ : Berechne neuen Lagerbestand																														M ₃₁₅₁			
			FA ₃₁₅₂ : Entscheide Lagerauffüllung																														M ₃₁₅₂			
	FA ₃₂ : Ermittle Logistik- unter- nehmen	FA ₃₂₁ : Wähle Logistikunternehmen																										M ₃₂₁								
		FA ₃₂₂ : Erteile Logistikauftrag																										M ₃₂₂								
FA ₄ : Schließe Kun- denauftrag ab	FA ₄₁ : Benach- richtige Kunde	FA ₄₁₁ : Sende Bestätigung																										M ₄₁₁								
		FA ₄₁₂ : Sende Ablehnung																										M ₄₁₂								
		FA ₄₂ : Verbuche Auftragsdaten																										M ₄₂								

Bild B-6: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie Oracle zur Messung

DP <Spaltenindex>: <Inputdaten> | <Outputdaten>
 "+" : weitere Inputdaten laut Nichtdiagonalelemente
 "-" : keine Input- bzw. Outputdaten definiert

X_D : Datenkopplung
 X_S : Steuerungskopplung
 $X_{S,D}$: Hybridkopplung

Services der 1. Ebene
Services der 2. Ebene
Services der 3. Ebene
Services der 4. Ebene
Services der 5. Ebene
Services der 6. Ebene
Services der 7. Ebene

FA 1.1: Ermittlung Reparatur- und Ersatzteilbedarf

FA 1.2: Bestimme geeignete Termine

FA 1.3: Stimme Termin ab

FA 1.4: Informiere Kunden über passende Marketingangebote

FA 2.1: Über- und Verfügbare Termine in Auftrag

FA 2.2: Stelle Ersatzteilverfügbarkeit sicher

FA 2.3: Stelle Ersatzmobilität sicher

FA 2.4: Bessere Terminplanung

FA 1.1.1: Berechnen Reparaturzeit

FA 1.1.2: Berechnen Reparaturpreis

FA 1.2.1.1: Prüfe Notwendigkeit der Dialogannahme

FA 1.2.1.2: Prüfe Notwendigkeit für Hol-Bring-Service

FA 1.2.1.2.1: Berechne Fahrzeit zum Kunden

FA 1.2.1.2.2: Berechne Bearbeitungszeit

FA 1.2.1.3: Berechne Terminzeitraum

FA 1.2.2.1: Prüfe Reparaturauftragstyp

FA 1.2.2.1.1: Ermittle Arbeitspakete vergangener Reparaturen

FA 1.2.2.1.2: Ermittle sich wiederholende Arbeitspakete

FA 1.2.2.1.3: Setze Wiederholungsreparaturstatus

FA 1.2.2.1.4: Prüfe Vorliegen eines Problemfalls

FA 1.2.2.2: Setze Terminzeitraumstatus

FA 1.2.2.3: Prüfe Notwendigkeit eines bestimmten Serviceberaters

FA 1.2.3.1: Ermittle Termine der Serviceberater

FA 1.2.3.2: Berechne freie Zeiträume der Serviceberater

FA 1.2.3.3: Plane Termineinschränkungen ein

FA 1.3.1: Gib Termine und Reparaturaufwand aus

FA 1.3.2: Ermittle Ergebnis der Terminabsimmung

FA 1.4.1.1: Analysiere Kundendaten

FA 1.4.1.2: Analysiere Fahrzeugdaten

FA 1.4.2: Selektiere Marketingangebote

FA 1.4.3: Gib Marketingangebote aus

FA 2.1.1: Generiere Auftragsnummer

FA 2.1.2: Setze Terminvorbereitungsstatus

FA 2.2.1.1: Prüfe Vorliegen offener Vorgangspositionen

FA 2.2.1.2: Ermittle offene Arbeitspakete

FA 2.2.2: Ermittle benötigte Ersatzteile

FA 2.2.2.1: Prüfe eigenen Ersatzteillbestand

FA 2.2.2.1.1: Ermittle nicht vorrätige Ersatzteile

FA 2.2.2.1.2: Erzeuge Lieferauftragspositionen

FA 2.2.2.2: Erstelle Angebotsanfrage

FA 2.2.2.2.1: Sendung Angebotsanfrage

FA 2.2.2.2.2: Empfangen Lieferantenangebot

FA 2.2.2.3: Lege termingerechte Lieferbarkeit fest

FA 2.2.3.1: Plane Liefertermin ein

FA 2.2.3.2: Gib Termine und Reparaturaufwand aus

FA 2.2.3.3: Ermittle Ergebnis der Terminabsimmung

FA 2.2.4: Reserviere vorrätige Ersatzteile

FA 2.2.5: Buche Ersatzteile auf Auftrag

FA 2.3.1: Prüfe Ersatzmobilitätsstatus

FA 2.3.2: Erstelle Auftrag

FA 2.3.3: Sendung Auftrag

FA 2.3.4: Empfangen Antwortdokument

FA 2.4.1.1: Ermittle Wartungsarbeiten

FA 2.4.1.2: Prüfe Terminfähigkeit

FA 2.4.1.3: Gib zur Reparaturdurchführung notwendige Daten aus

FA 2.4.1.4.1: Erstelle Terminerinnerung

FA 2.4.1.4.2: Sendung Terminerinnerung

FA 2.4.2.1: Setze Abgabeterminstatus

FA 2.4.2.2: Verarbeite Vorgangsdaten

DP 1.1: Daten

DP 1.2: Daten zur Bestimmung geeigneter Termine

DP 1.3: Daten

DP 1.4: Daten zur Terminvereinbarung

DP 2.1: Daten

DP 2.2: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.3: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.4: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.5: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.6: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.7: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.8: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.9: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.10: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.11: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.12: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.13: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.14: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.15: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.16: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.17: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.18: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.19: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.20: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.21: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.22: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.23: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.24: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.25: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.26: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.27: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.28: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.29: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.30: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.31: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.32: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.33: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.34: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.35: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.36: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.37: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.38: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.39: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.40: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.41: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.42: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.43: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.44: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.45: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.46: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.47: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.48: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.49: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.50: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.51: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.52: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.53: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.54: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.55: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.56: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.57: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.58: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.59: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.60: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.61: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.62: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.63: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.64: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.65: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.66: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.67: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.68: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.69: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.70: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.71: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.72: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.73: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.74: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.75: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.76: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.77: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.78: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.79: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.80: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.81: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.82: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.83: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.84: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.85: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.86: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.87: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.88: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.89: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.90: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.91: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.92: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.93: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.94: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.95: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.96: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.97: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.98: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.99: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 3.00: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

Services der 1. Ebene

Services der 2. Ebene

Services der 3. Ebene

Services der 4. Ebene

Services der 5. Ebene

Services der 6. Ebene

Services der 7. Ebene

X_D : Datenkopplung

X_S : Steuerungskopplung

X_{SD} : Hybridkopplung

Notation der DP:

DP = <Spaltenindex> | <Inputdaten> | <Outputdaten>

"++" : weitere Inputdaten laut Nichtdiagonalelementen

"-": keine Input- bzw. Outputdaten definiert

Notation der Nichtdiagonalelemente:

X_D : Datenkopplung

X_S : Steuerungskopplung

X_{SD} : Hybridkopplung

Farbkennzeichnung der SOA-Hierarchie:

Services der 1. Ebene

Services der 2. Ebene

Services der 3. Ebene

Services der 4. Ebene

Services der 5. Ebene

Services der 6. Ebene

Services der 7. Ebene

FA 0: Unterstützung der Durchführung des Service Kernprozesses

FA 1: Verfügbare Termine

FA 2: Bereit Termin vor

FA 3: Ersatzteilverfügbarkeit sicher

FA 4: Ersatzmobilität sicher

FA 5: Bessere Terminplanung

DP 0: Daten zur Durchführung des Service Kernprozesses

DP 1: Daten zur Terminvereinbarung

DP 2: Daten zur Vorbereitung des Termins

DP 3: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 4: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 5: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 6: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 7: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 8: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 9: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 10: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 11: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 12: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 13: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 14: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 15: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 16: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 17: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 18: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 19: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 20: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 21: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 22: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 23: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 24: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 25: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 26: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 27: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 28: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 29: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 30: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 31: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 32: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 33: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 34: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 35: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 36: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 37: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 38: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 39: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 40: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 41: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 42: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 43: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 44: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 45: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 46: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 47: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 48: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 49: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 50: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 51: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 52: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 53: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 54: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 55: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 56: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 57: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 58: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 59: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 60: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 61: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 62: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 63: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 64: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 65: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 66: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 67: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 68: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 69: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 70: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 71: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 72: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 73: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 74: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 75: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 76: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 77: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 78: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 79: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 80: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 81: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 82: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 83: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 84: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 85: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 86: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 87: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 88: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 89: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 90: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 91: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 92: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 93: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 94: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 95: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 96: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 97: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 98: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 99: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

FA 1.1: Ermittlung Reparatur- und Ersatzteilbedarf

FA 1.2: Bestimme geeignete Termine

FA 1.3: Stimme Termin ab

FA 1.4: Informiere Kunden über passende Marketingangebote

FA 2.1: Über- und Verfügbare Termine in Auftrag

FA 2.2: Stelle Ersatzteilverfügbarkeit sicher

FA 2.3: Stelle Ersatzmobilität sicher

FA 2.4: Bessere Terminplanung

FA 1.1.1: Berechnen Reparaturzeit

FA 1.1.2: Berechnen Reparaturpreis

FA 1.2.1.1: Prüfe Notwendigkeit der Dialogannahme

FA 1.2.1.2: Prüfe Notwendigkeit für Hol-Bring-Service

FA 1.2.1.2.1: Berechne Fahrzeit zum Kunden

FA 1.2.1.2.2: Berechne Bearbeitungszeit

FA 1.2.1.3: Berechne Terminzeitraum

FA 1.2.2.1: Prüfe Reparaturauftragstyp

FA 1.2.2.1.1: Ermittle Arbeitspakete vergangener Reparaturen

FA 1.2.2.1.2: Ermittle sich wiederholende Arbeitspakete

FA 1.2.2.1.3: Setze Wiederholungsreparaturstatus

FA 1.2.2.1.4: Prüfe Vorliegen eines Problemfalls

FA 1.2.2.2: Setze Terminzeitraumstatus

FA 1.2.2.3: Prüfe Notwendigkeit eines bestimmten Serviceberaters

FA 1.2.3.1: Ermittle Termine der Serviceberater

FA 1.2.3.2: Berechne freie Zeiträume der Serviceberater

FA 1.2.3.3: Plane Termineinschränkungen ein

FA 1.3.1: Gib Termine und Reparaturaufwand aus

FA 1.3.2: Ermittle Ergebnis der Terminabsimmung

FA 1.4.1.1: Analysiere Kundendaten

FA 1.4.1.2: Analysiere Fahrzeugdaten

FA 1.4.2: Selektiere Marketingangebote

FA 1.4.3: Gib Marketingangebote aus

FA 2.1.1: Generiere Auftragsnummer

FA 2.1.2: Setze Terminvorbereitungsstatus

FA 2.2.1.1: Prüfe Vorliegen offener Vorgangspositionen

FA 2.2.1.2: Ermittle offene Arbeitspakete

FA 2.2.2: Ermittle benötigte Ersatzteile

FA 2.2.2.1: Prüfe eigenen Ersatzteillbestand

FA 2.2.2.1.1: Ermittle nicht vorrätige Ersatzteile

FA 2.2.2.1.2: Erzeuge Lieferauftragspositionen

FA 2.2.2.2: Erstelle Angebotsanfrage

FA 2.2.2.2.1: Sendung Angebotsanfrage

FA 2.2.2.2.2: Empfangen Lieferantenangebot

FA 2.2.2.3: Lege termingerechte Lieferbarkeit fest

FA 2.2.3.1: Plane Liefertermin ein

FA 2.2.3.2: Gib Termine und Reparaturaufwand aus

FA 2.2.3.3: Ermittle Ergebnis der Terminabsimmung

FA 2.2.4: Reserviere vorrätige Ersatzteile

FA 2.2.5: Buche Ersatzteile auf Auftrag

FA 2.3.1: Prüfe Ersatzmobilitätsstatus

FA 2.3.2: Erstelle Auftrag

FA 2.3.3: Sendung Auftrag

FA 2.3.4: Empfangen Antwortdokument

FA 2.4.1.1: Ermittle Wartungsarbeiten

FA 2.4.1.2: Prüfe Terminfähigkeit

FA 2.4.1.3: Gib zur Reparaturdurchführung notwendige Daten aus

FA 2.4.1.4.1: Erstelle Terminerinnerung

FA 2.4.1.4.2: Sendung Terminerinnerung

FA 2.4.2.1: Setze Abgabeterminstatus

FA 2.4.2.2: Verarbeite Vorgangsdaten

DP 1.1: Daten

DP 1.2: Daten zur Bestimmung geeigneter Termine

DP 1.3: Daten

DP 1.4: Daten zur Terminvereinbarung

DP 2.1: Daten

DP 2.2: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.3: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.4: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.5: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.6: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.7: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.8: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.9: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.10: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.11: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.12: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.13: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.14: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.15: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.16: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.17: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.18: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.19: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.20: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.21: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.22: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.23: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.24: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.25: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.26: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.27: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.28: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.29: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.30: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.31: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.32: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.33: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.34: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.35: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.36: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.37: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.38: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.39: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.40: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.41: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.42: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.43: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.44: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.45: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.46: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.47: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.48: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.49: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.50: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.51: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.52: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.53: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.54: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.55: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.56: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.57: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.58: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.59: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.60: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.61: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.62: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.63: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.64: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.65: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.66: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.67: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.68: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.69: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.70: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.71: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.72: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.73: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.74: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.75: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.76: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.77: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.78: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.79: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.80: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.81: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.82: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.83: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.84: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.85: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.86: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.87: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.88: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.89: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.90: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.91: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.92: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.93: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.94: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.95: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.96: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.97: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.98: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 2.99: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

DP 3.00: Daten zur Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

Services der 1. Ebene

Services der 2. Ebene

Services der 3. Ebene

Services der 4. Ebene

Services der 5. Ebene

Services der 6. Ebene

Services der 7. Ebene

X_D : Datenkopplung

X_S : Steuerungskopplung

X_{SD} : Hybridkopplung

Notation der DP:

DP = <Spaltenindex> | <Inputdaten> | <Outputdaten>

"++" : weitere Inputdaten laut Nichtdiagonalelementen

"-": keine Input- bzw. Outputdaten definiert

Notation der Nichtdiagonalelemente:

X_D : Datenkopplung

X_S : Steuerungskopplung

X_{SD} : Hybridkopplung

Farbkennzeichnung der SOA-Hierarchie:

Services der 1. Ebene

Services der 2. Ebene

Services der 3. Ebene

Services der 4. Ebene

Services der 5. Ebene

Services der 6. Ebene

Services der 7. Ebene

FA 0: Unterstützung der Durchführung des Service Kernprozesses

FA 1: Verfügbare Termine

FA 2: Bereit Termin vor

FA 3: Ersatzteilverfügbarkeit sicher

FA 4: Ersatzmobilität sicher

FA 5: Bessere Terminplanung

DP 0: Daten zur Durchführung des Service Kernprozesses

DP 1: Daten zur Terminvereinbarung

DP 2: Daten zur Vorbereitung des Termins

DP 3: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 4: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 5: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 6: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 7: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 8: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 9: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 10: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 11: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 12: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 13: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 14: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 15: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 16: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 17: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 18: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 19: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 20: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 21: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 22: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 23: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 24: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 25: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 26: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 27: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 28: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 29: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 30: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 31: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 32: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 33: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 34: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 35: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 36: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 37: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 38: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 39: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 40: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 41: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 42: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 43: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 44: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 45: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 46: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 47: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 48: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 49: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 50: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 51: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 52: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 53: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 54: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 55: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 56: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 57: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 58: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 59: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 60: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 61: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 62: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 63: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 64: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 65: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 66: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 67: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 68: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 69: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 70: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 71: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 72: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 73: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 74: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 75: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 76: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 77: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 78: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 79: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 80: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 81: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 82: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 83: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 84: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 85: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 86: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 87: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 88: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 89: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 90: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 91: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 92: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 93: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 94: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 95: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 96: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 97: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 98: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

DP 99: Daten zur Beendigung der Terminvereinbarung

FA 1.1: Ermittlung Reparatur- und Ersatzteilbedarf

FA 1.2: Bestimme geeignete Termine

FA 1.3: Stimme Termin ab

FA 1.4: Informiere Kunden über passende Marketingangebote

FA 2.1: Über- und Verfügbare Termine in Auftrag

FA 2.2: Stelle Ersatzteilverfügbarkeit sicher

FA 2.3: Stelle Ersatzmobilität sicher

FA 2.4: Bessere Terminplanung

FA 1.1.1: Berechnen Reparaturzeit

FA 1.1.2: Berechnen Reparaturpreis

FA 1.2.1.1: Prüfe Notwendigkeit der Dialogannahme

FA 1.2.1.2: Prüfe Notwendigkeit für Hol-Bring-Service

FA 1.2.1.2.1: Berechne Fahrzeit zum Kunden

FA 1.2.1.2.2: Berechne Bearbeitungszeit

FA 1.2.1.3: Berechne Terminzeitraum

FA 1.2.2.1: Prüfe Reparaturauftragstyp

FA 1.2.2.1.1: Ermittle Arbeitspakete vergangener Reparaturen

FA 1.2.2.1.2: Ermittle sich wiederholende Arbeitspakete

FA 1.2.2.1.3: Setze Wiederholungsreparaturstatus

FA 1.2.2.1.4: Prüfe Vorliegen eines Problemfalls

FA 1.2.2.2: Setze Terminzeitraumstatus

FA 1.2.2.3: Prüfe Notwendigkeit eines bestimmten Serviceberaters

FA 1.2.3.1: Ermittle Termine der Serviceberater

FA 1.2.3.2: Berechne freie Zeiträume der Serviceberater

FA 1.2.3.3: Plane Termineinschränkungen ein

FA 1.3.1: Gib Termine und Reparaturaufwand aus

FA 1.3.2: Ermittle Ergebnis der Terminabsimmung

FA 1.4.1.1: Analysiere Kundendaten

FA 1.4.1.2: Analysiere Fahrzeugdaten

FA 1.4.2: Selektiere Marketingangebote

FA 1.4.3: Gib Marketingangebote aus

FA 2.1.1: Generiere Auftragsnummer

FA 2.1.2: Setze Terminvorbereitungsstatus

FA 2.2

Bild B-8: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie VW zur Messung³²²

Bild B-10: Finale Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie BMW zur Messung³²⁴

Notation der DP:
DP<Spaltenindex>: <Inputdaten> | <Outputdaten>
"+": weitere Inputdaten laut Nichtdiagonalelementen
"-": keine Input- bzw. Outputdaten definiert

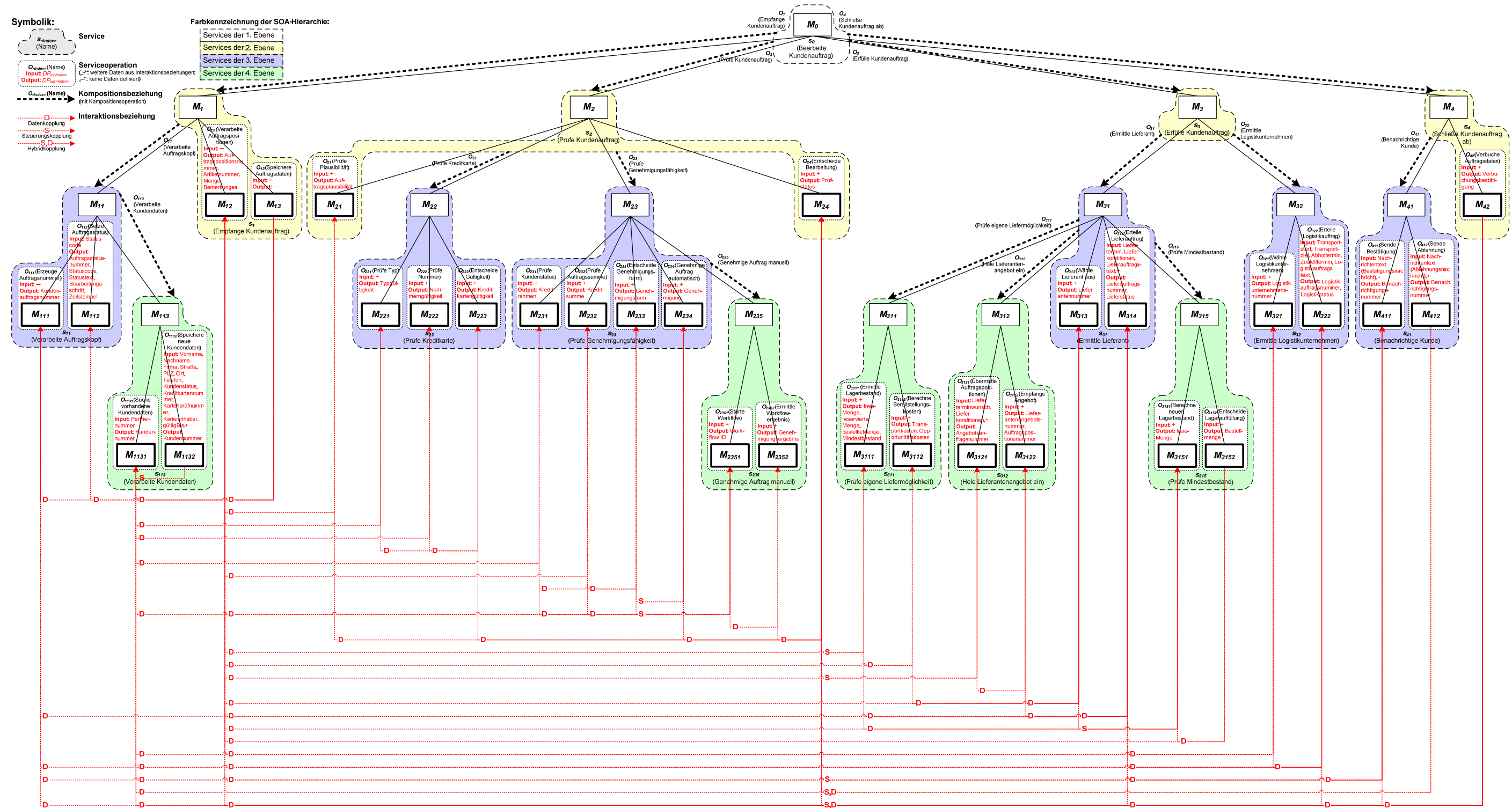
Notation der Nichtdiagonalelemente:
X_D : Datenkopplung
X_S : Steuerungskopplung
X_{S,D} : Hybridkopplung

		DP ₁ : Kundendaten	DP ₂ : Angebotsauftragsdaten													DP ₃ : Daten zur Prüfung der Kundenberechtigung				DP ₄ : Bestellnummern	DP ₅ : Bestellstatusdaten	DP ₆ : Bestellauftragsdaten	DP ₇ : Daten zur Prüfung der Kundenberechtigung	DP ₈ : Daten zur Fahrzeugkonfigurationsprüfung	DP ₉ : Daten zur manuellen Fahrzeugkonfigurationsprüfung	DP ₁₀ : Kaufpreisdaten	DP ₁₁ : Mietpreisdaten	DP ₁₂ : GWVdaten	DP ₁₃ : Daten des manuellen Bestellauftragsabschluss	DP ₁₄ : Benachrichtigungsdaten							
		DP ₁₁ : Kunde, Geschäftspartner Kunde, Geschäftspartner, PLZ, Ort, Land, Name	DP ₂₁ : Fahrzeugkonfiguration, Ausstattungsmerkmal, Sonderausstattungsmerkmal	DP ₂₂ : Fahrzeugkonfiguration Fahrzeugkonfiguration	DP ₂₃ : Geschäftsabwicklungsdaten Geschäftsabwicklungsdaten	DP ₂₄ : Geschäftsabwicklungsdaten Geschäftsabwicklungsdaten	DP ₂₅ : Geschäftsabwicklungsdaten Geschäftsabwicklungsdaten	DP ₂₆ : Geschäftsabwicklungsdaten Geschäftsabwicklungsdaten	DP ₂₇ : Geschäftsrahmenmandaten, Händler, Geschäftspartner, Name Geschäftsrahmenmandaten, Händler, Geschäftspartner, Name	DP ₂₈ : Geschäftsrahmenmandaten Geschäftsrahmenmandaten	DP ₂₉ : Geschäftsrahmenmandaten Geschäftsrahmenmandaten	DP ₂₁₀ : Geschäftsrahmenmandaten Geschäftsrahmenmandaten	DP ₂₁₁ : Angebot Angebot	DP ₂₁₂ : Angebot Angebot	DP ₃₁ : + Authentifizierungsberechtigung, Kundenprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₃₂ : + Authentifizierungsberechtigung, Kundenprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₃₃ : + Autorisierungsberechtigung, Kundenprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₃₄ : + Autorisierungsberechtigung, Kundenprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₄₁ : + Bestellauftrag	DP ₅₁ : Bestellauftragsstatus, + Bestellauftragsstatus	DP ₆₁ : + Bestellauftrag	DP ₇₁ : + Bestellkontingentberechtigung, Kundenprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₇₂ : + Bestellkontingentberechtigung, Kundenprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₈₁ : + Fahrzeugproduzierbarkeitsberechtigung, Fahrzeugkonfigurationsprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₈₂ : + Fahrzeugproduzierbarkeitsberechtigung, Fahrzeugkonfigurationsprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₉₁ : Bestellauftragsstatus, + Manuelle, Fahrzeuggenehmigung, Fahrzeugkonfigurationsprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₉₂ : + Manuelle, Fahrzeuggenehmigung, Fahrzeugkonfigurationsprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₁₀₁ : + Fahrzeugpreis	DP ₁₁₁ : + Fahrzeugpreis	DP ₁₂₁ : + Geldwerter_Vorteil	DP ₁₃₁ : Bestellauftragsstatus, + Manuelle, Fahrzeuggenehmigung, Fahrzeugkonfigurationsprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₁₃₂ : + Manuelle, Fahrzeuggenehmigung, Fahrzeugkonfigurationsprüfstatus, Prüfstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₁₃₃ : + Bestellung, Verbuchungsstatus, Bestellauftragsstatus	DP ₁₄₁ : Benachrichtigungstyp, + Benachrichtigung	DP ₁₄₂ : Benachrichtigungstyp, + Benachrichtigung		
FA ₁ : Verarbeite Kundendaten	FA ₁₁ : Verarbeite Kundendaten	X																																			
FA ₂ : Verarbeite Angebotsdaten	FA ₂₁ : Verarbeite Fahrzeugkonfiguration		X																																		
	FA ₂₂ : Verarbeite Fahrzeugkategorie			X																																	
	FA ₂₃ : Verarbeite Geschäftsart				X																																
	FA ₂₄ : Verarbeite Zieldatum					X																															
	FA ₂₅ : Verarbeite Laufleistung						X																														
	FA ₂₆ : Verarbeite Vertragsdauer							X																													
	FA ₂₇ : Verarbeite Händler								X																												
	FA ₂₈ : Verarbeite Land									X																											
	FA ₂₉ : Verarbeite Währung										X																										
	FA ₂₁₀ : Verarbeite Kundengruppe											X																									
	FA ₂₁₁ : Verarbeite Angebotsnummer												X																								
	FA ₂₁₂ : Verarbeite Gültigkeitszeitraum														X																						
FA ₃ : Prüfe Berechtigung des Kunden	FA ₃₁ : Prüfe Authentifizierung	X _D													X																						
	FA ₃₂ : Ermittle Authentifizierungsergebnis														X _D	X																					
	FA ₃₃ : Prüfe Autorisierung	X _D														X _S	X																				
	FA ₃₄ : Ermittle Autorisierungsergebnis																X _D	X																			
FA ₄ : Erzeuge Bestellauftragsnummer	FA ₄₁ : Erzeuge Bestellauftragsnummer											X _D				X _S		X _S	X																		
FA ₅ : Setze Bestellauftragsstatus	FA ₅₁ : Setze Bestellauftragsstatus															X _S		X _S	X _D	X																	
FA ₆ : Speichere Bestellauftragsdaten	FA ₆₁ : Speichere Bestellauftragsdaten	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D		X _S		X _S	X _D	X _D	X																
FA ₇ : Prüfe Berechtigung der Kundendaten	FA ₇₁ : Prüfe Bestellkontingent	X _D		X _D		X _D		X _D				X _D							X _D				X														
	FA ₇₂ : Ermittle Bestellkontingentergebnis																					X _D	X														
FA ₈ : Prüfe Fahrzeugkonfiguration	FA ₈₁ : Prüfe Produzierbarkeit automatisiert		X _D	X _D	X _D	X _D				X _D		X _D						X _D					X _S	X													
	FA ₈₂ : Ermittle Produzierbarkeitsergebnis																							X _D	X												
FA ₉ : Prüfe Fahrzeugkonfiguration manuell	FA ₉₁ : Starte manuelle Produzierbarkeitsprüfung	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D				X _D		X _D						X _D								X _D	X										
	FA ₉₂ : Ermittle Produzierbarkeitsprüfungsergebnis																										X _D	X									
FA ₁₀ : Berechne Kaufpreis	FA ₁₀₁ : Berechne Kaufpreis		X _D	X _D	X _D	X _D				X _D	X _D	X _D						X _D									X _S	X									
FA ₁₁ : Berechne Mietpreis	FA ₁₁₁ : Berechne Mietpreis		X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D		X _D	X _D	X _D						X _D									X _S		X								
FA ₁₂ : Berechne geldwerten Vorteil	FA ₁₂₁ : Berechne geldwerten Vorteil		X _D	X _D	X _D	X _D				X _{S,D}	X _D	X _{S,D}						X _D									X _S	X _D	X _D	X							
FA ₁₃ : Schließe Bestellauftrag manuell ab	FA ₁₃₁ : Starte manuellen Bestellauftragsabschließungsworkflow	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D					X _D				X _{S,D}		X _D		X _{S,D}	X _D	X _D	X _D	X			X _D	X			
	FA ₁₃₂ : Ermittle Workflowergebnis																													X _D	X						
	FA ₁₃₃ : Verbuche Bestelldaten	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D	X _D						X _D								X _D	X _D	X _D		X _S		X				
FA ₁₄ : Benachrichtige Kunde	FA ₁₄₁ : Sende Bestätigung	X _D	X _D						X _D			X _D	X _D						X _D													X _{S,D}	X				
	FA ₁₄₂ : Sende Ablehnung	X _D											X _D			X _{S,D}	X _{S,D}														X _{S,D}				X		

Bild B-11: Alternative Gesamtentwurfsmatrix der Fallstudie BMW zur Messung³²⁵

³²⁵ vgl. [Tonk2008, 194]

B.4. Modul- und vollständige SOA-Hierarchie

Bild B-12: Modul- und vollständige SOA-Hierarchie der Fallstudie Oracle³²⁶³²⁶ vgl. [Lütt2007, 140]

B.5. UML-Diagramme

Im Forschungsprojekt AD-SOA wurden zwei an die UML angelehnte Diagrammvarianten entwickelt, mit denen Architekturspezifikationen auf der Grundlage der vollständigen SOA-Hierarchie abgebildet werden können.³²⁷ Im Folgenden werden die Diagramme und deren Erzeugung aus der vollständigen SOA-Hierarchie erläutert. Grundlegende Kenntnisse zu den UML-Notationselementen werden dabei vorausgesetzt. In beiden Varianten wird von den Implementierungsdetails (z. B. direkte Aufrufbeziehungen zwischen den Serviceoperationen) der Kompositions- und Interaktionsbeziehungen abstrahiert (vgl. Abschnitt 3.3.4.2 des Buchs). Bild B-13 und Bild B-14 in diesem Abschnitt enthalten die Diagramme der Fallstudie Oracle, die aus der vollständigen SOA-Hierarchie in Bild B-12 abgeleitet wurden.

Zur Darstellung struktureller Aspekte wird das Komponentendiagramm herangezogen. Dabei werden die Services der vollständigen SOA-Hierarchie durch die UML-Elemente Komponente (Stereotyp `<<service>>`) und Schnittstelle (Stereotyp `<<interface>>`) repräsentiert. Beide Elemente sind durch eine Realisierungsbeziehung³²⁸ miteinander verbunden. Die Serviceschnittstelle bildet im Komponentendiagramm die Serviceoperationen und deren Rückgabewerte (Outputdaten) aus der vollständigen SOA-Hierarchie ab. Im Komponentendiagramm werden die Kompositionsbeziehungen zwischen den Services durch Verwendungsbeziehungen³²⁹ vom Stereotyp `<<compose>>` und die Interaktionsbeziehungen durch Verwendungsbeziehungen der Stereotype `<<data-coupled>>` und `<<control-coupled>>` dargestellt. Der (gestrichelte) Pfeil der Kompositionsbeziehungen zeigt vom komponierenden Service zur Schnittstelle des untergeordneten Service. Der (gestrichelte) Pfeil der Interaktionsbeziehungen zeigt vom abhängigen Service zur Schnittstelle des unabhängigen Service. Die Serviceoperationen, die an der Interaktion beteiligt sind, werden an den Pfeilenden notiert. Aus Platzgründen werden im Komponentendiagramm keine Inputdaten (Input) der vollständigen SOA-Hierarchie abgebildet. Außerdem werden nur Interaktionsbeziehungen zwischen Services aus unterschiedlichen Kompositionszweigen dargestellt.

Die dynamische Sicht auf eine Architekturspezifikation kann im Kommunikationsdiagramm abgebildet werden. Services der vollständigen SOA-Hierarchie werden durch das UML-Element Klasse (Stereotyp `<<service>>`) repräsentiert. Die Methoden der Klasse bilden die Serviceoperationen und deren Rückgabewerte (Outputdaten) aus der vollständigen SOA-Hierarchie ab. Im Kommunikationsdiagramm werden die Kompositionsbeziehungen zwischen den Services durch (durchgezogene) Nachrichtenlinien³³⁰ dargestellt. An jeder Linie sind die Nachrichten und ihre Senderichtung notiert. Jede Nachricht bewirkt beim empfangenden Ser-

³²⁷ Zu den folgenden Ausführungen vgl. [LüFi2008, 59 ff.]. Den maßgeblichen Anteil an der Entwicklung der Diagramme hat Lüttich [LüFi2008, 59 ff.].

³²⁸ vgl. [Balz2005b, 277; Oest2006, 258, 287; OMG2007, 89]

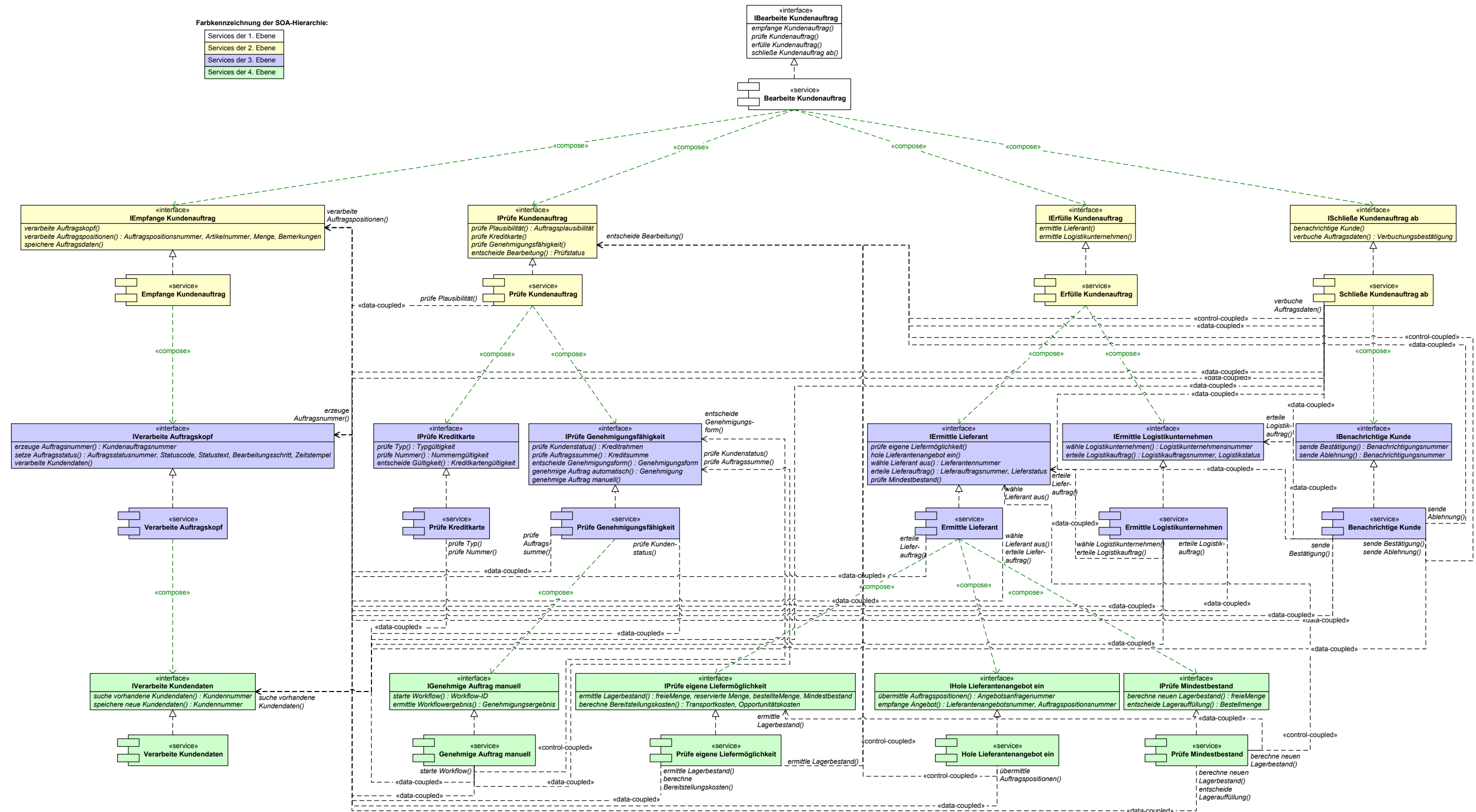
³²⁹ vgl. [Balz2005b, 274-277; Burk1999, 223; OMG2007, 136]

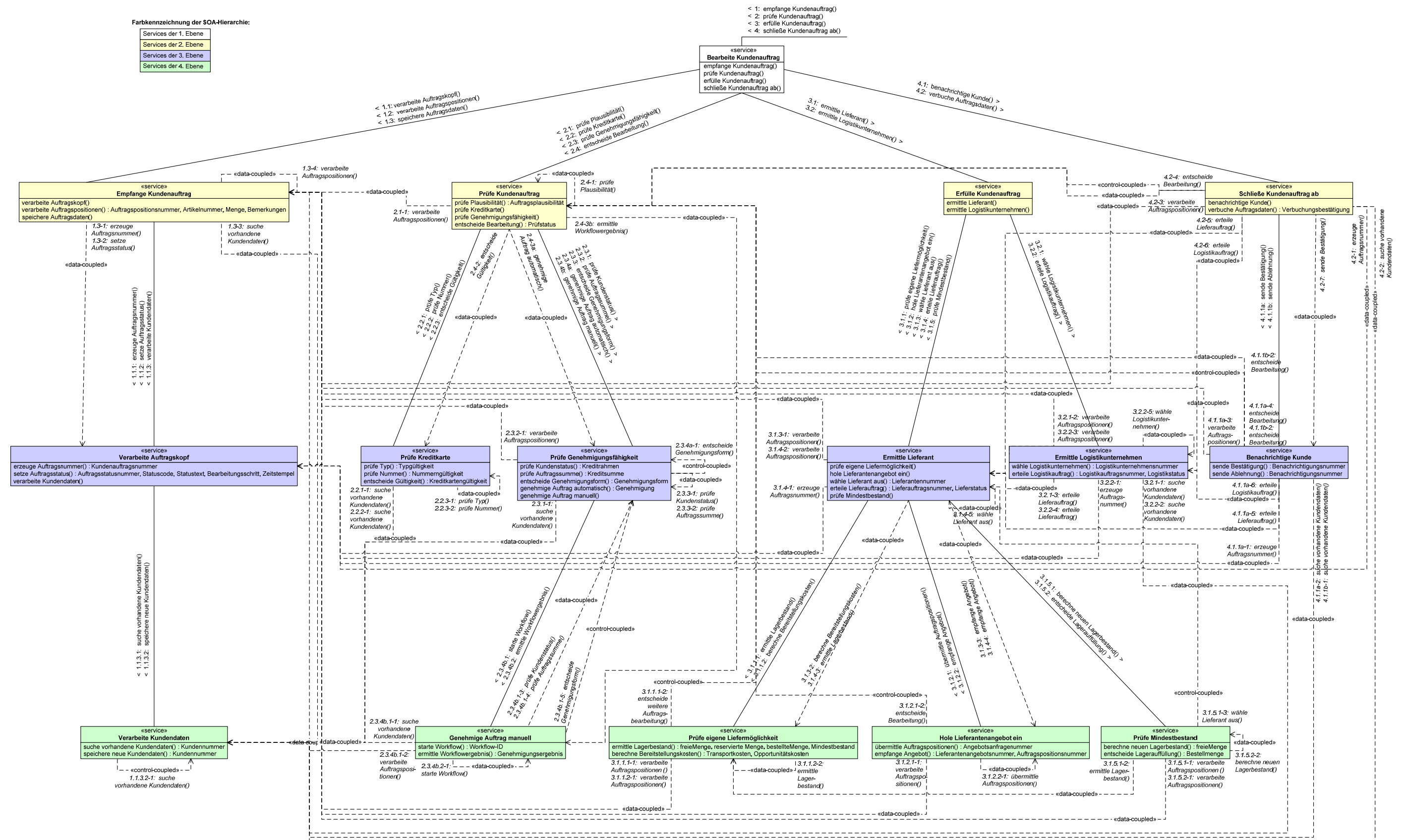
³³⁰ vgl. [Balz2005b, 85, 336; Oest2006, 325; OMG2007, 489]

vice die Ausführung der gleichnamigen Serviceoperation. Die Reihenfolge der Nachrichten wird durch eine Sequenznummer definiert, deren Festlegung sich aus der Reihenfolge der Teilschritte des zu unterstützenden Geschäftsprozesses ergibt.³³¹ Orientierung bietet hierbei die Nummerierung der Serviceoperationen aus der vollständigen SOA-Hierarchie. Interaktionsbeziehungen werden im Kommunikationsdiagramm durch Verwendungsbeziehungen der Stereotype <<data-coupled>> und <<control-coupled>> dargestellt. Der (gestrichelte) Pfeil der Interaktionsbeziehungen zeigt vom abhängigen zum unabhängigen Service. Um die Zuordnung der Interaktionsbeziehungen zu den Serviceoperationen deutlich zu machen, wird zusätzlich an jedem Pfeil eine Nummer und der Name der unabhängigen Operation notiert, die an der Interaktion beteiligt ist. Die Nummer setzt sich aus der Nachrichtensequenznummer der abhängigen Operation der Interaktionsbeziehung sowie einer (durch Bindestrich getrennten) fortlaufenden Nummer³³² zusammen. Aus Platzgründen werden im Kommunikationsdiagramm ebenfalls keine Inputdaten (Input) der vollständigen SOA-Hierarchie abgebildet.

³³¹ Dabei werden alternative Abläufe durch Kleinbuchstaben nach der Sequenznummer gekennzeichnet.

³³² Die Festlegung dieser Nummer ergibt sich ebenfalls aus der Reihenfolge der Teilschritte des zu unterstützenden Geschäftsprozesses. Orientierung bietet hierbei wiederum die Nummerierung der Serviceoperationen aus der vollständigen SOA-Hierarchie.

Bild B-13: Komponentendiagramm der Fallstudie Oracle³³³³³³ vgl. [Lütt2007, 141]

Bild B-14: Kommunikationsdiagramm der Fallstudie Oracle³³⁴

334 vgl. [Lütt2007, 142]

C. Detaillierte Herleitung der Komplexitätsmaße

C.1. Detaillierte Herleitung des Kopplungsmaßes

Das Framework „A Unified Framework for Coupling Measurement in Object-Oriented Systems“ von Briand et al. definiert ein dreistufiges Vorgehen und Prüfkriterien zur Herleitung von Kopplungsmaßen [BrDW1999, 111 ff.]. Im ersten Schritt werden die Ziele der Messung festgelegt. Im zweiten Schritt können, abhängig von den Zielen der geplanten Messung, pro Prüfkriterium verschiedene Optionen gewählt werden. Im dritten Schritt erfolgt, abhängig von den Optionen, die Auswahl der Maße. Das Framework schlägt hierzu Maße vor. Auf Basis der Optionen können aber auch eigene Maße festgelegt werden.

1. Schritt:

Die Zieldefinition umfasst zwei Elemente. Erstens muss festgelegt werden, in welcher Phase des zugrunde liegenden Entwicklungsprozesses die Messung erfolgen soll. Zweitens muss eine Messhypothese aufgestellt werden.

- Phase des Entwicklungsprozesses: Je später die Entwicklungsphase, desto umfangreicher und genauer sind die Informationen, auf denen die Messung beruht. Hier soll die Messung auf Basis der Architekturspezifikation *AS*, die in den frühen Phasen der Modellierung der SOA erstellt wird, durchgeführt werden. Dies entspricht der Kategorie „Analysis“ von Briand et al. [BrDW1999, 117]. Die Bestandteile einer derartigen Spezifikation wurden im Abschnitt 4.2.1.3 des Buchs beschrieben.
- Messhypothese: Mit Hilfe von Messhypothesen werden Vermutungen über Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen internen und externen Qualitätsattributen formuliert [BrDW1999, 111]. Das hier betrachtete externe Qualitätsattribut ist die Wiederverwendbarkeit der Services. Das hier betrachtete interne Qualitätsattribut ist die Kopplung. Es ist naheliegend, dass die Wiederverwendbarkeit sehr stark durch die Abhängigkeiten zwischen den Services beeinflusst wird. Insbesondere werden Importbeziehungen ausschlaggebend sein [BrDW1999, 101]. Je mehr Importbeziehungen ein Service aufweist, desto weniger Funktionalität ist in ihm selbst implementiert. Deshalb sinkt seine Wiederverwendbarkeit, weil er nicht einzeln, sondern nur im Verbund mit anderen Services wiederverwendet werden kann. Daher wird hier folgende Hypothese formuliert:
„Hypothese 01: Je weniger Kopplungen aus Importbeziehungen ein Service aufweist, desto größer ist seine Wiederverwendbarkeit“.

2. Schritt:

Briand et al. haben die sechs Kriterien 1. Type of Connection, 2. Locus of Impact, 3. Granularity of Measure, 4. Stability of Server, 5. Direct or Indirect Coupling und 6. Inheritance definiert [BrDW1999, 108]. Zur Herleitung von Maßen müssen diese Kriterien in der vorgegebenen Reihenfolge in Bezug auf die in Schritt eins definierten Ziele „Phase des Entwicklungsprozesses“ und „Messhypothese“ überprüft werden.

- 1. Type of Connection: Der Verbindungstyp beschreibt den Mechanismus, über den eine Kopplung zwischen zwei Services zustande kommt [BrDW1999, 108]. Anhand des Mechanismus lassen sich z. B. die Verbindungstypen Operationsaufrufe, Uses- oder Consist-of-Verbindungen unterscheiden.

Die Phase des Entwicklungsprozesses hat entscheidende Auswirkungen auf die Wahl des Verbindungstyps. Je später die Phase, desto genauer ist die Architekturspezifikation. Bestimmte Verbindungstypen werden erst in späten Phasen modelliert. Die Architekturspezifikation, auf die in dieser Arbeit Bezug genommen wird, entstammt einer sehr frühen Modellierungsphase, in der von sämtlichen Implementierungsdetails abstrahiert wurde. Die Beziehungen zwischen den Serviceoperationen werden hier grob als Verwendungsbeziehungen festgelegt. Dies entspricht dem Verbindungstyp sieben im Framework von Briand et al. [BrDW1999, 109].

Die im Schritt eins formulierte Hypothese hat keinen direkten Einfluss auf die Wahl des Verbindungstyps, sodass hier als Prüfergebnis des ersten Kriteriums der Verbindungstyp sieben im Framework von Briand et al. gewählt wird.

- 2. Locus of Impact: Dieses Kriterium differenziert Kopplungen zwischen Services, die entweder aus Import- oder Exportbeziehungen resultieren [BrDW1999, 98]. Eine Importbeziehung zwischen zwei Services s_1 und s_2 liegt vor, wenn Service s_1 den Service s_2 verwendet. Service s_2 fungiert dann als Server und Service s_1 als Client. Eine Exportbeziehung liegt vor, wenn Service s_1 durch Service s_2 verwendet wird. In diesem Fall ist s_1 der Server und s_2 der Client.

Die Phase des Entwicklungsprozesses hat keinen Einfluss auf die Wahl zwischen Import- und Exportbeziehungen [BrDW1999, 112]. Aus der Messhypothese geht allerdings hervor, dass Importbeziehungen betrachtet werden müssen. Als Prüfergebnis des zweiten Kriteriums wird hier daher die Option „Import“ gewählt.

- 3. Granularity of Measure: Die Granularität bezeichnet die Genauigkeit einer Messung. Sie wird bestimmt durch Wahl der Messdomäne und der Zählvorschrift für Kopplungen [BrDW1999, 108]. Die Messdomäne bestimmt die Elemente, zwischen denen Kopplungen auftreten können. Im Framework werden z. B. die objektorientierten Elemente Attribute, Operationen und Klassen unterschieden [BrDW1999, 109]. Die Zählvorschrift beschreibt die Art und Weise der Zählung von Kopplungen. Sie kann grob differenziert werden in erstens: die Zählung der Verbindungen, die ein Element mit anderen Elementen aufweist und zweitens: die Zählung der anderen Elemente mit denen ein Element gekoppelt ist.

Die Phase des Entwicklungsprozesses hat einen indirekten Einfluss auf die Wahl der Messdomäne. Abhängig von der Entwicklungsphase liegen unterschiedlich detaillierte Informationen vor. Sie bestimmt daher die feinste potentiell wählbare Messdomäne. Bereits die Prüfung von Kriterium eins und zwei hat verdeutlicht, dass hier Importkopplungen

zwischen Operationen betrachtet werden müssen. Die feinste potentiell wählbare Messdomäne ist daher die der Operationen. Die Messhypothese gibt zusätzliche Hinweise auf die Wahl der Messdomäne. In der Messhypothese wird der Fokus explizit auf die Beziehungen zwischen Services gesetzt, sodass hier als Prüfergebnis die Messdomäne der Services ausgewählt wird. Dies entspricht im Framework der Kategorie „class“.

Die Phase des Entwicklungsprozesses beeinflusst die Wahl der Zählvorschrift über die Genauigkeit und Stabilität der Informationen, die der Messung in einer bestimmten Phase zugrunde liegen. Im Framework von Briand et al. werden sechs unterschiedlich feine Zählvorschriften vorgeschlagen [BrDW1999, 110]. Generell gilt: je genauer und stabiler die Informationen, desto feiner sollte die Zählvorschrift sein. Für eine Architekturspezifikation, wie sie dieser Arbeit zugrunde liegt, sind gemäß Framework potentiell drei Zählvorschriften geeignet – Vorschrift D, E und F [BrDW1999, 113].

Messhypothesen implizieren die Art und Weise der Zählung. Sie haben daher einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Zählvorschrift. Aus der Messhypothese dieser Arbeit geht hervor, dass die Anzahl der Beziehungen zwischen den Services gezählt werden muss. Über Zählvorschrift D werden diese Kopplungen ermittelt, indem pro Service und Serviceoperation die Anzahl der gekoppelten Operationen anderer Services addiert werden. Die Vorschriften E und F sind ähnlich, allerdings ungenauer. Deshalb wird hier die Zählvorschrift D gewählt. Gemäß der Messhypothese werden dabei nur Kopplungen zwischen Services addiert. Kopplungen zwischen den Operationen eines Service werden nicht berücksichtigt.

- 4. Stability of Server: Dieses Kriterium beschreibt die Stabilität eines Artefaktes der Architekturspezifikation, das über eine Importbeziehung gekoppelt ist. Es werden stabile und instabile Artefakte unterschieden [BrDW1999, 108]. Stabile Artefakte sind bereits zu Projektbeginn vorhanden. Sie werden ohne Veränderungen ins aktuelle Projekt übernommen und unverändert wiederverwendet. Unstabile Artefakte werden im aktuellen Projekt entweder neu entwickelt oder durch Anpassung bestehender Artefakte erzeugt. Die Stabilität der Artefakte muss in die Vorschrift zum Auszählen der Kopplungen einfließen. Im Framework werden hierzu die Optionen I bis IV definiert.

Die Phase des Entwicklungsprozesses hat keinen Einfluss auf die Auswahl der Optionen [BrDW1999, 113]. Allerdings wirkt sich die Messhypothese darauf aus. Je nachdem, über welches externe Attribut Aussagen getroffen werden sollen, liefern entweder die stabilen oder die instabilen Artefakte eine geeignete Grundlage für die Messung. Sollen z. B. Aussagen über die Wiederverwendbarkeit getroffen werden, ist es sinnvoll, nur die Importbeziehungen instabiler Artefakte auszuzählen (im Framework entspricht das der Option I) [BrDW1999, 113]. Das Kopplungsmaß dieser Arbeit soll für Architekturspezifikationen, die ohne Berücksichtigung bestehender Artefakte erstellt wurden, hergeleitet werden. Es müssen also ausschließlich instabile Artefakte berücksichtigt werden. Aus diesem Grund muss hier beim Auszählen der Kopplungen nicht zwischen verschiedenen Typen von Ar-

tefakten differenziert werden. Deshalb wird hier als Prüfergebnis die Option III ausgewählt.

- 5. Direct or Indirect Coupling: Gemäß Kriterium fünf können direkte und indirekte Kopplungen unterschieden werden. Beispielsweise liegt eine direkte Kopplung zwischen den Operationen o_1 und o_2 vor, wenn o_1 die Operation o_2 verwendet. Eine indirekte Kopplung zwischen den Operationen o_1 und o_3 liegt vor, wenn o_1 die Operation o_2 verwendet und o_2 infolgedessen die Operation o_3 verwendet. Das Kriterium fünf hat Einfluss auf die Vorschrift zur Zählung der Kopplungen. Normalerweise werden nur direkte Kopplungen gezählt. Es stehen daher zwei Optionen zur Auswahl: I. entweder werden indirekte Kopplungen mitgezählt oder II. nicht mitgezählt [BrDW1999, 110].

Die Phase des Entwicklungsprozesses hat keinen Einfluss auf die Auswahl dieser Optionen [BrDW1999, 114]. Die Messhypothese stellt eine Verbindung zum externen Qualitätsattribut her. Indirekte Kopplungen sind vorrangig zur Abschätzung des Aufwandes für Softwaretests oder das Softwaredebugging relevant. Sie sind auch zur Abschätzung des Einflusses, den die Modifikation eines Systembestandteils auf das Gesamtsystem hat, relevant [BrDW1999, 114; ChKe1994, 487]. Es wird hier davon ausgegangen, dass zwischen der Anzahl indirekter Kopplungen und der Wiederverwendbarkeit kein signifikanter Zusammenhang besteht. Deshalb wird Option II gewählt, d. h. indirekte Kopplungen werden nicht mitgezählt [BrDW1999, 104].

- 6. Inheritance: Im Zusammenhang mit diesem Kriterium geht es um die Fragestellung, ob Vererbung und Polymorphismus in einer Messung berücksichtigt werden müssen [BrDW1999, 114]. Dies hat Einfluss auf die Wahl einer geeigneten Vorschrift zur Zählung der Kopplungen. Im Framework werden die Zählvorschriften I bis IV differenziert [BrDW1999, 110].

Sowohl Vererbung als auch Polymorphismus sind charakteristische Eigenschaften der Objektorientierung. Die Architekturspezifikation dieser Arbeit weist diese Eigenschaften nicht auf, da sie serviceorientiert ist. Aus diesem Grund ist hier eine Prüfung der Ziele der Messung nicht notwendig. Beim Auszählen der Kopplungen muss nicht zwischen Vererbungs- und Nichtvererbungskopplungen differenziert werden. Es werden ausschließlich Nichtvererbungskopplungen gezählt, sodass hier als Prüfergebnis die Optionen II und IV ausgewählt werden [BrDW1999, 111].

Die Ergebnisse der Prüfung von Schritt zwei des Frameworks von Briand et al. wurden in Tabelle 4-6 (Seite 123) des Buchs zusammengefasst.

3. Schritt:

Diese Prüfergebnisse fließen nun im dritten Schritt in die Auswahl bzw. Definition von Maßen ein. Für die identifizierten Optionen in Tabelle 4-6 werden im Framework zwar keine Maße vorgeschlagen. Dennoch weisen die Regeln, die in den Optionen enthalten sind, Ähn-

lichkeiten zu den Regeln auf, nach denen das Maß MPC (Message Passing Coupling) von Li und Henry [LiHe1993] definiert wurde. Aufgrund dieser Ähnlichkeit wird im Abschnitt 4.2.2.2 des Buchs ein auf MPC basierendes Maß für den Kontext dieser Arbeit angepasst.

C.2. Validierung des Kopplungsmaßes

Abschließend erfolgt eine theoretische Validierung nach dem Ansatz „Property-Based Software Engineering Measurement“ von Briand et al. [BrMB1996]. Auf diese Weise wird die Korrektheit der mathematischen Eigenschaften des Maßes geprüft und eine geeignete Skalierung festgelegt. Die spezifischen Eigenschaften für Kopplungsmaße sind [BrMB1996, 78]: 1. Nonnegativity, 2. Null Value, 3. Monotonicity, 4. Merging of Modules und 5. Disjoint Module Additivity. Im Folgenden wird das Maß $SK(s)$ aus Formel (23) des Buchs validiert:

- 1. Nonnegativity fordert, dass die gemessene Kopplungszahl eines Service immer größer oder gleich 0 ist. Diese Eigenschaft wird von (23) erfüllt. Weist ein Service keine Importkopplungen auf, gilt: $SK(s) = 0$; weist eine Service mindestens eine Importkopplung auf, gilt $SK(s) > 0$.
- 2. Null Value fordert, dass die gemessene Kopplungszahl gleich 0 ist, wenn keine Beziehungen zwischen Services vorhanden sind. Diese Eigenschaft wird von (23) erfüllt. Weist ein Service keine Kopplungen auf, gilt: $SK(s) = 0$.
- 3. Monotonicity fordert, dass mit steigender Anzahl der Kopplungen zwischen Services der Messwert des Kopplungsmaßes nicht sinkt. Diese Eigenschaft wird von (23) erfüllt. Zusätzliche Importkopplungen eines Service wirken sich gemäß der Zählvorschrift in (23) niemals negativ auf den Wert in $SK(s)$ aus.
- 4. Merging of Modules fordert, dass im Falle der Verschmelzung mehrerer Services der Messwert des Kopplungsmaßes nicht steigt. Das bedeutet, dass im Falle der Verschmelzung der Services s_1 und s_2 die Summe der Messwerte größer oder gleich dem Messwert des verschmolzenen Service s_{gesamt} ist. Diese Eigenschaft wird von (23) erfüllt. Über $SK(s)$ werden Kopplungen zwischen Services gezählt. Im Falle der Verschmelzung von Services kann die Anzahl gekoppelter Services abnehmen, daher sinkt entweder die Anzahl der gemessenen Kopplungen oder sie bleibt unverändert. Da durch Verschmelzungen keine zusätzlichen Verbindungen zwischen den Elementen eines Systems geschaffen werden, kann $SK(s)$ nicht ansteigen.
- 5. Disjoint Module Additivity fordert, dass im Falle der Verschmelzung mehrerer unabhängiger Services s_1 und s_2 die Summe der Messwerte der einzelnen Kopplungsmaße gleich dem Messwert des Kopplungsmaßes des verschmolzenen Service s_{gesamt} ist. Diese Eigenschaft wird von (23) erfüllt. Über $SK(s)$ werden nur Kopplungen zwischen Services gezählt. Da beim Verschmelzen der unabhängigen Services s_1 und s_2 keine Kopplungen zwischen diesen wegfallen können, muss gelten: $SK(s_{gesamt}) = SK(s_1) + SK(s_2)$.

Das Maß $SK(s)$ aus Formel (23) des Buchs erfüllt alle Eigenschaften aus dem Framework von Briand et al. Es ist daher valide. Die Validierung zeigt, dass es sich für die Messung der Kopplung einzelner Services eignet. Außerdem erlaubt es eine Skalierung vom Typ „Rational“ [BrMB1996, 79]. Auf diesem Skalenniveau ist die mathematische Operation Division erlaubt. Es dürfen Aussagen über die Gleichheit von Verhältnissen getroffen werden.

C.3. Detaillierte Herleitung des Kohäsionsmaßes

Das Framework „A Unified Framework for Cohesion Measurement in Object-Oriented Systems“ definiert ein Vorgehen und Prüfkriterien zur Herleitung von Kohäsionsmaßen [BrDW1998, 25 ff.]. Im ersten Schritt wird das Ziel der Messung festgelegt. Im zweiten Schritt können, abhängig vom Ziel der geplanten Messung, pro Prüfkriterium verschiedene Optionen gewählt werden. Im dritten Schritt erfolgt die Auswahl der Maße, abhängig von den Optionen. Das Framework schlägt hierzu Maße vor. Auf Basis der Optionen können aber auch eigene Maße festgelegt werden.

Schritt 1:

Die Zieldefinition umfasst die Aufstellung einer Messhypothese [BrDW1998, 25]. Während der Anwendung des Frameworks wurde festgestellt, dass auch die Phase des Entwicklungsprozesses entscheidende Auswirkungen auf die Definition der Maße hat. Aus diesem Grunde ist sie in dieser Arbeit analog zum Vorgehen bei der Herleitung des Kopplungsmaßes (gemäß Briand et al. [BrDW1999, 111 ff.]) in die Zieldefinition und anschließenden Prüfung der Kriterien mit eingeflossen.

- Phase des Entwicklungsprozesses: Wie bereits im Abschnitt C.1 geschildert, soll die Messung auf Basis einer Architekturspezifikation AS durchgeführt werden, die in den frühen Phasen der Modellierung der SOA erstellt wurde. Dies entspricht der Kategorie „Analysis“ von Briand et al. [BrDW1998, 35]. Die Bestandteile einer derartigen Spezifikation wurden bereits unter Abschnitt 4.2.1.3 des Buchs beschrieben.
- Messhypothese: Mit Hilfe von Messhypothesen werden Vermutungen über Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen internen und externen Qualitätsattributen formuliert [BrDW1998, 25]. Das hier betrachtete externe Qualitätsattribut ist die Wiederverwendbarkeit der Services einer SOA. Das hier betrachtete interne Qualitätsattribut ist die funktionale Kohäsion. Sie hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wiederverwendbarkeit. Eine hohe funktionale Kohäsion fördert die Wiederverwendbarkeit, da SOA entstehen, deren Services kontextunabhängig sowie gut verständlich sind und eine geringe Kopplung untereinander aufweisen [Balz1998, 476; EdKS1992, 22; StMC1974, 121, 123]. Die folgenden ergänzenden Annahmen orientieren sich an einem so genannten Slice-basierten Ansatz zur Messung der Kohäsion [BiOt1994, 645]. Demnach wird hier vermutet, dass sich die Funktionalität eines Service im Output seiner Operationen widerspiegelt [BiKa1998, 113; OtBi1998, 3]. Die funktionale Kohäsion eines Service spiegelt sich im

Zusammenhalt seiner Bestandteile wider, die jeweils einen Beitrag zu den verschiedenen Outputs des Service leisten. Der Zusammenhalt dieser Bestandteile kommt durch den Zusammenhalt so genannter Dataslices zum Ausdruck. Ein Dataslice wird für jeden Output einer Serviceoperation gebildet. Es handelt sich dabei um eine Sequenz von Datatoken, die einen Einfluss auf diesen Output haben. Ein Datatoken repräsentiert die Daten, die mit einer Serviceoperation in Verbindung stehen. Ausgehend von diesen Annahmen wird hier folgende Hypothese formuliert:

„Hypothese 02: Je stärker der Zusammenhalt der Dataslices eines Service ist, desto größer ist seine Wiederverwendbarkeit“.

Schritt 2:

Briand et al. haben die fünf Kriterien 1. Type of Connection, 2. Domain of Measure, 3. Direct or Indirect Connections, 4. Inheritance und 5. How to Account Access Methods and Constructors definiert [BrDW1998, 22]. Zur Herleitung von Maßen müssen diese Kriterien in der vorgegebenen Reihenfolge in Bezug auf die im Schritt eins definierten Ziele „Phase des Entwicklungsprozesses“ und „Messhypothese“ überprüft werden.

- 1. Type of Connection: Der Verbindungstyp beschreibt den Mechanismus, über den ein Zusammenhalt zwischen den Elementen eines Service zustande kommt [BrDW1998, 22]. Die im Framework differenzierten Verbindungstypen lassen sich grob in zwei Klassen einteilen: 1. Es werden Operationspaare betrachtet, die über gemeinsam genutzte bzw. ungenutzte Attribute entstehen (Typ drei und vier). 2. Die Verbindung einer individuellen Operation wird über das Ausmaß ermittelt, in welchem diese andere Attribute (oder Typen) verwendet oder andere Operationen aufruft (Typ eins, zwei, fünf und sechs). Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Phase des Entwicklungsprozesses und der Wahl eines geeigneten Verbindungstyps gefunden. Die im Schritt eins formulierte Messhypothese basiert auf einem Slice-basierten Ansatz, bei dem sich die funktionale Kohäsion eines Service im Zusammenhalt seiner Dataslices widerspiegelt. Keiner der sechs Verbindungstypen im Framework berücksichtigt jedoch Verbindungen zwischen Dataslices. Das Framework liefert hier somit kein sinnvolles Ergebnis. Für die Definition der Kohäsionsmaße ist die Definition eines weiteren Verbindungstyps jedoch notwendig. Dieser wird im Folgenden als Typ sieben bezeichnet: Nach Bieman und Ott ist der Zusammenhalt zwischen den Dataslices umso größer, je mehr Datatoken gleichzeitig in möglichst vielen Dataslices enthalten sind [BiOt1994, 645 ff.]. Der Verbindungstyp sieben wird daher über die gemeinsamen Datatoken zwischen den Dataslices eines Service definiert.
- 2. Domain of Measure: Die Messdomäne bezeichnet die Elemente einer SOA, für welche die Kohäsion gemessen werden soll. Im Framework werden hierzu z. B. die objektorientierten Elemente Attribute, Operationen und Klassen unterschieden [BrDW1998, 23]. Die Phase des Entwicklungsprozesses bestimmt den Detailgrad einer Architekturspezifi-

kation, auf deren Basis eine Messung erfolgen kann. Sie bestimmt daher die feinste potentiell wählbare Messdomäne. Die Architekturspezifikation dieser Arbeit entstammt einer frühen Modellierungsphase einer SOA. Informationen, die in die Messung der Kohäsion einfließen können, sind beschränkt auf die Beschreibung der Serviceschnittstellen mit ihren ein- und ausgehenden Daten. Bieman und Kang beschreiben einen Ansatz für Slice-basierte Kohäsionsmaße für derartige Architekturspezifikationen [BiKa1998]. Die folgenden Ausführungen lehnen sich an diesen Ansatz an. Dementsprechend repräsentieren die Input- und Outputdaten der Serviceoperationen Datatoken, die Dataslices werden für jedes Outputdatum der Serviceoperationen gebildet. Da der Zusammenhalt nur zwischen den Dataslices eines Service bestimmt werden kann, ist die feinste wählbare Messdomäne die der Services. Dies entspricht im Framework der Kategorie „class“.

Die Messhypothese gibt zusätzliche Hinweise auf die Wahl der Messdomäne. In der Messhypothese wird der Fokus explizit auf den Zusammenhalt innerhalb eines Service gesetzt, sodass hier als Prüfergebnis die Messdomäne „class“ ausgewählt wird.

- 3. Direct or Indirect Connections: Bei diesem Kriterium geht es um die Definition einer Zählvorschrift. Es muss festgelegt werden, ob während der Messung ausschließlich direkte oder zusätzlich auch indirekte Verbindungen zwischen den Elementen eines Service gezählt werden müssen [BrDW1998, 23]. Bei dem hier zugrunde liegenden Slice-basierten Ansatz entsprechen die Elemente den Dataslices eines Service.

Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Phase des Entwicklungsprozesses und der Wahl einer geeigneten Zählvorschrift gefunden. Die im Schritt eins formulierte Messhypothese liefert allerdings Hinweise zur Auswahl einer Zählvorschrift. Die Hypothese geht davon aus, dass sich die funktionale Kohäsion eines Service im Zusammenhalt seiner Dataslices über gemeinsame Datatoken widerspiegelt. Datatoken können direkt oder indirekt mit mehreren Dataslices verbunden sein. In beiden Fällen wird die Verbundenheit der Servicefunktionalität ausgedrückt. Deshalb sollte die Zählvorschrift beide Verbindungsarten berücksichtigen. Aus diesem Grund wird hier als Prüfergebnis die Option „indirect“ im Framework von Briand et al. gewählt [BrDW1998, 23].

- 4. Inheritance: Im Zusammenhang mit diesem Kriterium geht es um die Fragestellung, ob Vererbung und Polymorphismus in einer Messung berücksichtigt werden müssen [BrDW1998, 24].

Sowohl Vererbung als auch Polymorphismus sind charakteristische Eigenschaften der Objektorientierung. Die Architekturspezifikation dieser Arbeit weist diese Eigenschaften nicht auf, da sie serviceorientiert ist. Aus diesem Grund ist hier eine Prüfung der Ziele der Messung nicht notwendig. Das Prüfergebnis lautet: Vererbung und Polymorphismus werden in der Messung nicht berücksichtigt.

- 5. How to Account Access Methods and Constructors: In der Objektorientierung verfügen Klassen gewöhnlich über Zugriffs- und Konstruktoroperationen. Zugriffsoperationen ge-

während Lese- und Schreibzugriff auf die Attribute einer Klasse. Konstruktoroperationen versorgen die Attribute einer Klasse mit Initialwerten. Beide Operationstypen verursachen Probleme, wenn Maße gebildet werden, die das Referenzieren von Attributen bzw. die Bildung von Operationspaaren durch gemeinsam genutzte Attribute berücksichtigen (dies entspricht z. B. dem Verbindungstyp drei und vier im Framework) [BrDW1998, 24]. Das Framework unterscheidet verschiedene Optionen, ob und wie Zugriffs- und Konstruktoroperationen in einem solchen Fall in einer Messung berücksichtigt werden müssen.

Eine Prüfung der Ziele der Messung ist zur Herleitung des Kohäsionsmaßes nicht notwendig, da im Gegensatz zu den Klassen in der Objektorientierung die Services in der Serviceorientierung zustandslos sind. In der Architekturspezifikation dieser Arbeit wurden keine Attribute für Services modelliert. Der für Prüfkriterium eins gewählte Verbindungstyp sieben berücksichtigt darüber hinaus keine Attribute eines Service. Es besteht daher keine Notwendigkeit, Zugriffs- und Konstruktoroperationen in einer Messung anders als reguläre Operationen zu behandeln. Aus diesem Grund werden hier als Prüfergebnis die Optionen eins und vier im Framework von Briand et al. gewählt [BrDW1998, 25].

Die Ergebnisse der Prüfung von Schritt zwei des Frameworks von Briand et al. werden in Tabelle 4-8 (Seite 129) des Buchs zusammengefasst.

Schritt 3:

Diese Prüfergebnisse fließen im dritten Schritt in die Auswahl bzw. Definition von Maßen ein. Für die identifizierten Optionen in Tabelle 4-8 werden im Framework zwar keine Maße vorgeschlagen. Die Regeln, die in den Optionen enthalten sind, weisen jedoch Gemeinsamkeiten mit den Regeln auf, nach denen die Maße im Ansatz von Bieman und Kang definiert wurden [BiKa1998, 113-115]. Die Autoren definieren Dataslice-basierte Maße zur Ermittlung der funktionalen Kohäsion von Softwaremodulen im Stadium der Modellierung. Aufgrund der Ähnlichkeit wird im Abschnitt 4.2.3.2 des Buchs auf diesem Ansatz basierend ein Maß für den Kontext dieser Arbeit angepasst.

C.4. Validierung des Kohäsionsmaßes

Analog zur Validierung des Kopplungsmaßes wird abschließend auch eine theoretische Validierung des Kohäsionsmaßes nach dem Ansatz „Property-Based Software Engineering Measurement“ von Briand et al. [BrMB1996] vorgenommen. Auf diese Weise wird die Korrektheit der mathematischen Eigenschaften des Maßes geprüft und eine geeignete Skalierung festgelegt. Die spezifischen Eigenschaften für Kohäsionsmaße sind [BrMB1996, 76]: 1. Nonnegativity and Normalization, 2. Null Value, 3. Monotonicity und 4. Cohesive Modules. Im Folgenden wird das Maß $SZ(s)$ aus Formel (30) des Buchs validiert:

- 1. Nonnegativity and Normalization fordert, dass die gemessene Kohäsion eines Service ein Wert aus dem Intervall $[0, \text{Maximum}]$ ist. Diese Eigenschaft wird von (30) erfüllt [BiKa1998, 115]. Der Wertebereich dieses Maßes umfasst das Intervall $[0, 1]$.
- 2. Null Value fordert, dass die gemessene Kohäsion gleich 0 ist, wenn keine Beziehungen zwischen den Elementen eines Service vorhanden sind. Diese Eigenschaft wird von (30) erfüllt. Weist ein Service keine gemeinsamen Datatoken zwischen seinen Dataslices auf, gilt: $SZ(s) = 0$ [BiKa1998, 115].
- 3. Monotonicity fordert, dass mit steigender Anzahl der Beziehungen zwischen den Elementen eines Services der Messwert des Kohäsionsmaßes nicht sinkt. Diese Eigenschaft wird von (30) erfüllt. Mit steigender Anzahl von Datatoken, die in mehreren Dataslices enthalten sind und mit steigender Anzahl von Dataslices, in denen ein Datatoken enthalten ist, steigt auch der Messwert von $SZ(s)$.
- 4. Cohesive Modules fordert, dass im Falle der Verschmelzung mehrerer Services, zwischen denen keine Beziehungen bestehen, der Messwert des Kohäsionsmaßes nicht steigt. Das bedeutet, dass im Falle der Verschmelzung der Services s_1 und s_2 der größte Messwert der einzelnen Kohäsionsmaße größer oder gleich dem Messwert des Kohäsionsmaßes des verschmolzenen Service s_{gesamt} ist. Diese Eigenschaft wird von (30) erfüllt. Die Anzahl der Dataslices, in denen ein Datatoken enthalten ist, wird pro Service zur Anzahl aller Datatoken ins Verhältnis gesetzt. Durch Verschmelzungen der Services werden keine zusätzlichen Beziehungen zwischen den Elementen des resultierenden Service geschaffen, d. h. die Anzahl der Dataslices, in denen ein Datatoken enthalten ist, steigt nicht. Im verschmolzenen Service s_{gesamt} verteilt sich diese Anzahl nun auf eine noch größere Gesamtanzahl von Datatoken. Dadurch kann $SZ(s_{gesamt})$ nicht größer sein als der größte Messwert der einzelnen Kohäsionsmaße.

Das Maß $SZ(s)$ aus Formel (30) des Buchs erfüllt alle Eigenschaften aus dem Framework von Briand et al. Es ist daher valide. Die Validierung zeigt, dass es sich für die Messung der Kohäsion einzelner Services eignet. Außerdem erlaubt es eine Skalierung vom Typ „Rational“ [BrMB1996, 79]. Auf diesem Skalenniveau ist die mathematische Operation Division erlaubt. Es dürfen Aussagen über die Gleichheit von Verhältnissen getroffen werden.

C.5. Detaillierte Herleitung des Maßes der funktionalen Komplexität

Der COSMIC-Ansatz definiert ein Vorgehen zur Messung. Dabei werden zunächst Kriterien definiert, in deren Rahmen anschließend die Messung erfolgen kann: Im ersten Schritt wird das Ziel der Messung festgelegt. Im zweiten Schritt werden so genannte funktionale Prozesse und korrespondierende Datengruppen identifiziert. Im dritten Schritt erfolgt die Messung der funktionalen Komplexität unter Berücksichtigung der zuvor festgelegten Messkriterien über ein vordefiniertes Maß. Jede Messung beruht auf der Durchführung dieser drei Schritte. Im Folgenden wird das Vorgehen für die Anwendung in SOA beschrieben. Die Messkriterien,

die dabei festgelegt werden, fließen anschließend in die Herleitung eines Maßes ein, das für den Kontext dieser Arbeit geeignet ist.

Schritt 1:

Die Zieldefinition umfasst vier Elemente. Erstens muss der Zweck und zweitens der Umfang der Messung definiert werden. Drittens müssen die Grenzen der zu messenden Software identifiziert und viertens die Granularität der Messung bestimmt werden.

- **Zweck der Messung:** Es muss zunächst definiert werden, warum die Messung durchgeführt werden soll und wozu die Messergebnisse dienen werden [ADOS2007b, 17]. Dies unterstützt die Festlegung der folgenden drei Elemente und der Genauigkeit der Messung. Der Zweck der Messung ergibt sich aus der im Abschnitt 4.2.4.2 des Buchs formulierten Messhypothese. Dementsprechend soll die funktionale Komplexität von Services einer SOA gemessen werden, um Aussagen über die Wiederverwendbarkeit der Services treffen zu können. Die Messung soll dabei in den frühen Phasen der Modellierung der SOA durchgeführt werden. Dies entspricht der Kategorie „Analysis“ von Briand et al. [BrDW1999, 117].
- **Umfang der Messung:** Jede Messung wird auf der Grundlage so genannter Functional User Requirements (FUR) durchgeführt. Eine FUR ist „a sub-set of the User Requirements. Requirements that describe what the software shall do, in terms of tasks and services“ [ADOS2007b, 18]. Der Umfang der Messung muss in Abhängigkeit vom Zweck der Messung durch Abgrenzung relevanter FUR festgelegt werden. Die FUR sind in den Artefakten enthalten, die im Verlaufe des Entwicklungsprozesses eines SOA-Projektes entstehen. Aus dem Zweck der Messung geht hervor, dass die Messung in einer frühen Phase der Modellierung der SOA durchgeführt werden soll. Daher ergeben sich hier die relevanten FUR aus der Architekturspezifikation dieser Phase. Ihre Bestandteile wurden im Abschnitt 4.2.1.3 des Buchs in einem formalen Modell beschrieben.
- **Grenzen der Software:** Die Grenzen der Software müssen bestimmt werden, um genau abzugrenzen, welche Gegenstände in die Messung mit einfließen sollen. Hierzu werden zunächst die so genannten funktionalen Nutzer identifiziert. Ein funktionaler Nutzer (functional user) ist definiert als „A (type of) user that is a sender and/or an intended recipient of data in the Functional User Requirements of a piece of software“ [ADOS2007b, 24]. Alles, was mit der zu messenden Software interagiert, kann ein funktionaler Nutzer sein. Er kann daher entweder als Sender oder als Empfänger von Daten zu und von der zu messenden Software auftreten. Der Zweck der Messung sieht eine Messung von SOA vor. Funktionale Nutzer können hier entweder Services bzw. Serviceoperationen, Applikationen oder menschliche Nutzer sein [Erl2005].

Nach der Identifikation der funktionalen Nutzer können die Grenzen der Software leicht identifiziert werden. Grenzen (boundaries) liegen zwischen den funktionalen Nutzern und

der zu messenden Software. Sie werden definiert als „[...] a conceptual interface between the software being measured and its functional users“ [ADOS2007b, 25]. Die hier zu berücksichtigenden Grenzen verlaufen zwischen den Services der zu messenden SOA und entweder anderen Services bzw. Serviceoperationen oder Applikationen oder menschlichen Nutzern. Eine solche Grenze entspricht der Schnittstelle eines Service.

- Granularität der Messung: Die Granularität der Messung (level of granularity) ist die Ebene, auf welcher im Schritt zwei so genannte funktionale Prozesse mit ihren korrespondierenden Datengruppen identifiziert werden. Sie ist definiert als „Any level of expansion of the description of a single piece of software (e.g. a statement of its requirements, or a description of the structure of the piece of software) such that at each increased level of expansion, the description of the functionality of the piece of software is at an increased and uniform level of detail“ [ADOS2007b, 26]. Aus dem Zweck und Umfang der Messung geht hervor, dass sich die Messung auf Architekturspezifikationen beziehen soll, wie sie unter Abschnitt 4.2.1.3 des Buchs beschrieben wurde. In einer solchen Spezifikation lassen sich zwei Granularitätsebenen identifizieren – die Ebene der Gesamtarchitektur einer SOA, welche einzelne Services enthält und die Ebene der Services, die einzelne Serviceoperationen enthält. Aus dem Zweck der Messung geht hervor, dass die funktionale Komplexität der Services gemessen werden soll. Daher wird hier die Granularitätsebene der Services gewählt.

Schritt 2:

Auf der Grundlage der Zieldefinition im Schritt eins werden im zweiten Schritt die so genannten funktionalen Prozesse und ihre korrespondierenden ein- und ausgehenden Datengruppen ermittelt.

- Identifikation funktionaler Prozesse: Ein funktionaler Prozess (functional process) ist eine elementare Komponente „[...] of a set of Functional User Requirements comprising a unique, cohesive and independently executable set of data movements. It is triggered by a data movement (an Entry) from a functional user [...] It is complete when it has executed all that is required to be done in response to the triggering event“ [ADOS2007b, 34]. In der Objektorientierung können z. B. die Methoden einer Klasse einer solchen elementaren Komponente entsprechen [Cosm2005, 12]. Zur Laufzeit können diese Methoden in Abhängigkeit von bestimmten Ereignissen und der Übergabe von Daten ausgelöst werden. Im Schritt eins wurde die Granularitätsebene der Services gewählt. Auf dieser Ebene enthält eine Architekturspezifikation (vgl. Abschnitt 4.2.1.3 des Buchs) die Serviceoperationen als elementare Komponenten. Analog zum Beispiel aus der Objektorientierung werden hier die Serviceoperationen als funktionale Prozesse verstanden.
- Identifikation von Datengruppen: Eine Datengruppe (datagroup) ist „[...] a distinct, non empty, non ordered and non redundant set of data attributes where each included data at-

tribute describes a complementary aspect of the same object of interest” [ADOS2007b, 39]. Als funktionale Prozesse wurden oben die Serviceoperationen identifiziert. In der hier zugrunde liegenden Architekturspezifikation (vgl. Abschnitt 4.2.1.3 des Buchs) entsprechen die Datengruppen den Daten, die in den Schnittstellen der Serviceoperationen definiert wurden. Jede Datengruppe beinhaltet mindestens ein Attribut und muss eindeutig von anderen Datengruppen differenzierbar sein. Sie muss mit genau einem „object of interest“³³⁵ korrespondieren [ADOS2007b, 39]. Um dies sicherzustellen, sollten die Datengruppen nicht direkt aus den Daten der Operationsschnittstellen, sondern indirekt über eine relationale Datenanalyse ermittelt werden [Cosm2005, 9 ff.]. Die Daten der Schnittstellen müssen hierzu in einem konzeptionellen Datenmodell abgebildet vorliegen. Dieses Modell wird in ein logisches Datenmodell, idealerweise bis in die dritte Normalform³³⁶ überführt. Die mit einer Relation korrespondierende Entität entspricht einer Datengruppe [Cosm2005, 18]. Datengruppen, die nicht mit einem „object of interest“ korrespondieren, sollten ignoriert werden. Hierzu gehören insbesondere Steuerungsdaten [ADOS2007b, 41].

Schritt 3:

Auf der Grundlage der Ergebnisse von Schritt zwei werden im dritten Schritt zunächst die Datenflüsse der funktionalen Prozesse identifiziert. Anschließend kann die funktionale Komplexität gemessen werden. Die Ergebnisse werden abschließend aggregiert.

- Identifikation von Datenflüssen: Ein Datenfluss (dataflow) ist eine „[...] base functional component which moves a single datagroup [...]“ [ADOS2007b, 44]. Die Begriffe „functional component“ und „datagroup“ bezeichnen die im Schritt zwei identifizierten funktionalen Prozesse und Datengruppen. Der COSMIC-Ansatz differenziert vier Datenflusstypen: Entries, Exits, Reads und Writes. Ein Entry ist eine Datengruppe, die von einem funktionalen Nutzer über die Grenzen der Software in einen funktionalen Prozess hineinfließt [ADOS2007b, 44]. Analog ist ein Exit eine Datengruppe, die von einem funktionalen Prozess über die Grenzen der Software zu einem funktionalen Nutzer fließt [ADOS2007b, 44]. Reads und Writes sind Datengruppen, die direkt zwischen jeweils einem funktionalen Prozess und einem persistenten Speicher fließen [ADOS2007b, 44]. Jeder funktionale Prozess sollte über mindestens einen Datenfluss verfügen. Gemäß Schritt eins werden die Grenzen der Software durch die Serviceschnittstellen gebildet. Eine Serviceschnittstelle ergibt sich aus den Schnittstellen ihrer Operationen (vgl. Abschnitt 3.3.4.2.1 des Buchs). Deshalb entsprechen die Datenflüsse den im Schritt zwei identifizierten Datengruppen. Die Datengruppen aus Inputdaten bilden die Entries und die Datengruppen aus Outputdaten die Exits. Eine Gesamtentwurfsmatrix enthält ausschließ-

³³⁵ vgl. Fußnote 251, Seite 139 des Buchs

³³⁶ Eine detailliert Beschreibung der relationalen Datenanalyse enthält z. B. [Balz2001, 764 ff.].

lich Daten der Operations- bzw. Serviceschnittstellen. Sie enthält keine Daten, die direkt von oder zu persistenten Speichern fließen. Deshalb lassen sich keine Reads und Writes ermitteln.

- Durchführung der Messung: Dieser Schritt beinhaltet die Anwendung der COSMIC-Messfunktion. Sie ist definiert als mathematische Funktion, die jedem Datenfluss einen Wert zuweist [ADOS2007b, 57]. Jedem identifizierten Datenfluss wird hierzu, gemäß COSMIC-Messstandard, genau ein Cosmic Function Point (CFP) zugeordnet.
- Aggregation der Ergebnisse: Für jeden funktionalen Prozess kann nun die funktionale Komplexität berechnet werden. Hierzu wird für jeden funktionalen Prozess über alle identifizierten Datenflüsse die Summe seiner CFPs addiert [ADOS2007b, 57]. Gemäß Schritt zwei entsprechen die Serviceoperationen den funktionalen Prozessen. Entsprechend Schritt drei können nur Entries und Exits berücksichtigt werden. Daher muss pro Serviceoperation die Summe der CFPs addiert werden, die sich aus den Datenflüssen einer Serviceschnittstelle ableiten lassen. Zur Berechnung der funktionalen Komplexität eines einzelnen Service werden die CFPs seiner Serviceoperationen addiert [ADOS2007b, 58].

Die Ergebnisse der Schritte des COSMIC-Ansatzes enthalten Messkriterien. Die Kriterien wurden in Tabelle 4-10 (Seite 139) des Buchs zusammengefasst. Sie fließen in die formale Definition eines Maßes im Abschnitt 4.2.4.2 des Buchs ein.

C.6. Validierung des Maßes der funktionalen Komplexität

Analog zur Validierung der Kopplungs- und Kohäsionsmaße erfolgt auch eine theoretische Validierung des Maßes der funktionalen Komplexität nach dem Ansatz „Property-Based Software Engineering Measurement“ von Briand et al. [BrMB1996]. Auf diese Weise kann die Korrektheit der mathematischen Eigenschaften des Maßes geprüft und eine geeignete Skalierung festgelegt werden. Die spezifischen Eigenschaften für das oben hergeleitete Komplexitätsmaß sind [BrMB1996, 76]: 1. Nonnegativity, 2. Null Value, 3. Symmetry, 4. Module Monotonicity und 5. Disjoint Module Additivity. Im Folgenden wird das Maß $FS(s)$ aus Formel (34) des Buchs validiert:

- 1. Nonnegativity fordert, dass die gemessene Komplexität immer größer oder gleich 0 ist. Diese Eigenschaft wird von (34) erfüllt. Weist ein Service mindestens einen Datenfluss auf, gilt $FS(s) > 0$. Für den Sonderfall, dass ein Service ausschließlich Kompositionsoperationen aufweist, gilt $FS(s) = 0$.
- 2. Null Value fordert, dass die gemessene Komplexität gleich 0 ist, wenn eine Architekturspezifikation keine Beziehungen aufweist. Diese Eigenschaft wird von (34) quasi erfüllt, allerdings liegt der Nullpunkt nicht bei 0 sondern bei 1. Beziehungen werden durch Datenflüsse repräsentiert. Jede Serviceoperation sollte gemäß COSMIC-Ansatz mindestens über einen Datenfluss verfügen. $FS(s)$ ist somit erst ab einem vorliegenden Datenfluss

definiert. Nur für den Sonderfall, dass ein Service ausschließlich über Kompositionsoperationen verfügt, gilt: $FS(s) = 0$.

- 3. Symmetry fordert, dass das Komplexitätsmaß unabhängig von der Richtung der Beziehungen in einer Architekturspezifikation ist. Diese Eigenschaft wird von (34) erfüllt. Durch $FS(s)$ wird jeder Datenfluss, unabhängig, ob es sich um einen ein- oder ausgehenden Datenfluss handelt, mit genau einem CFP gezählt.
- 4. Module Monotonicity ist für Architekturspezifikationen, die in dieser Arbeit betrachtet werden, sehr ähnlich mit der Eigenschaft 5. Disjoint Module Additivity. Es fordert, dass die Komplexität einer Architekturspezifikation mindestens so groß ist wie die Summe der Komplexitäten ihrer Services. Im nächsten Punkt wird gezeigt, dass diese Eigenschaft von (34) erfüllt wird.
- 5. Disjoint Module Additivity fordert, dass die Summe der Komplexitäten aller Services einer Architekturspezifikation gleich der Gesamtkomplexität dieser Spezifikation ist. Diese Eigenschaft wird von (34) unter der Voraussetzung erfüllt, dass bei der Messung der Gesamtkomplexität die gemäß COSMIC-Ansatz zu berücksichtigenden Grenzen der Software auf die Ränder der Architekturspezifikation ausgeweitet werden (ansonsten muss von dieser Summe die Komplexität, die auf Datenflüsse zwischen den Services der Architekturspezifikation zurückzuführen ist, subtrahiert werden [ADOS2007b, 58]).

Das Maß $FS(s)$ aus Formel (34) des Buchs erfüllt alle Eigenschaften aus dem Framework von Briand et al. Es ist daher valide. Die Validierung zeigt, dass es sich für die Messung der funktionalen Komplexität einzelner Services eignet. Außerdem erlaubt es eine Skalierung vom Typ „Rational“ [BrMB1996, 79]. Auf diesem Skalenniveau ist die mathematische Operation Division erlaubt. Es dürfen Aussagen über die Gleichheit von Verhältnissen getroffen werden.

D. Interviewleitfaden

Beurteilung von Axiomatic Design zur Modellierung serviceorientierter Architekturen

Befragung im Rahmen des Forschungsprojektes: Axiomatic Design zur Modellierung serviceorientierter Architekturen (AD-SOA)

**Technische Universität Ilmenau
Fachgebiet Informations- und Wissensmanagement
Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Dirk Stelzer**

Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Inf. René Fiege
rene.fiege@tu-ilmenau.de
Postfach 100565, 98684 Ilmenau
Telefon: +49 (0)3677 69 40 42
Telefax: +49 (0)3677 69 42 04
<http://www.wirtschaft.tu-ilmenau.de/im/forschung/AD-SOA.html>



Interviewer:

Interviewter:

Unternehmen/Projekt:

Datum des Interviews:

Fragen zur Person des Interviewten

1. Sind Sie Anwender von Axiomatic Design?

☐ Ja ich habe Axiomatic Design angewendet.

☐ Nein ich war am Projekt beteiligt, in welchem Axiomatic Design angewendet wurde.

2. Welche Funktion üben Sie im Projekt aus?

☐ Ich gehöre zum Auftraggeber.

☐ Ich gehöre zum Auftragnehmer.

Funktionsbezeichnung:

Fragen zur Methode

3. Worin sehen Sie den wesentlichen Nutzen von Axiomatic Design für die Modellierung von SOA? (Bitte die Liste unten erst dann abfragen, wenn der Interviewte Nutzenpotentiale genannt hat.)

Förderung der Struktur, Detailliertheit und Qualität (ausgewogene Granularität, lose Kopplung und hohe Autonomie) eines Entwurfs

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Schrittweise Dekomposition und Verfeinerung von Anforderungen und Lösungen

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Strukturierung und Formalisierung der Analyse- und Designphase durch klare Abfolge von Modellierungsschritten

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Explizite Berücksichtigung der Kundenanforderungen während der Modellierung

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Entwurfsmatrix zur detaillierten Dokumentation und Analyse der Modellierungsergebnisse

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Axiome als Entscheidungshilfen während der Modellierung

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Förderung eines zielkonformen, minimalen Entwurfs unter Beschränkung auf das Wesentliche

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Explizite Formulierung und klare Abgrenzung der Anforderungen

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Unabhängigkeitsaxiom reduziert Abhängigkeiten unter Vermeidung zyklischer Abhängigkeiten

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Förderung einer besonders intensiven und detaillierten Modellierung

☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

4. Wie hoch schätzen Sie den Aufwand, der mit der Anwendung von Axiomatic Design zur Modellierung von SOA verbunden ist?

☐ sehr gering

☐ gering

☐ mittel

☐ hoch

☐ sehr hoch

☐ k. A.

5. Wie hoch schätzen Sie den mit der Anwendung von Axiomatic Design erreichbaren Grad der Strukturierung und Genauigkeit während der Modellierung?

Struktur: ☐ sehr hoch

☐ hoch

☐ mittel

☐ gering

☐ sehr gering

☐ k. A.

Genau: ☐ sehr hoch

☐ hoch

☐ mittel

☐ gering

☐ sehr gering

☐ k. A.

6. Wie schätzen Sie das Aufwand/Nutzen-Verhältnis der Anwendung von Axiomatic Design zur Modellierung von SOA ein?

☐ sehr gut ☐ gut ☐ mittel ☐ schlecht ☐ sehr schlecht ☐ k. A.

7. Worin sehen Sie die wesentlichen Nachteile von Axiomatic Design für die Modellierung von SOA? (Bitte die Liste unten erst dann abfragen, wenn der Interviewte Nachteile genannt hat.)

Erhöhter Zeit- und Ressourcenaufwand (insbesondere für Dokumentation und Prüfung der Modellierungsergebnisse) ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Große Entwurfsmatrizen sind schwer handhabbar (hinsichtlich Übersichtlichkeit, Überschneidungsfreiheit der *FA* und *DP*, Ermittlung der Abhängigkeiten). ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Strukturiertes und formales Vorgehen schränkt Kreativität während der Modellierung ein ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Axiomatic Design unterstützt nicht sämtliche Modellierungsschritte explizit (z. B. Erhebung der Kundenanforderungen) ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Axiomatic Design erfordert die disziplinierte Einhaltung der vorgegebenen Modellierungsschritte ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Axiomatic Design unterstützt bisher nur ein reines Top-down-Modellierungsverfahren ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Axiomatic Design ist kein eigenständiges Vorgehensmodell für die Software- oder SOA-Entwicklung ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Aufspaltung einer Entwurfsmatrix zur verteilten Bearbeitung im Team schwer zu realisieren (aufgrund der Abhängigkeiten in der Matrix) ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Axiomatic Design unterstützt nur die Analysephase und die Grobmodellierung ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Es sollten weitere Modellierungsrichtlinien (Axiome und Theoreme) für die Anwendung von Axiomatic Design zur Modellierung von SOA entwickelt werden ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

8. Würden Sie Axiomatic Design für die Anwendung in künftigen Projekten empfehlen?

☐ ja, weil...

☐ nein, weil...

- 9. Für welchen Anwendungsbereich ist Axiomatic Design aus Ihrer Sicht am besten geeignet?** (Anwendungsbereiche beziehen sich auf bestimmte Projekttypen und Phasen eines Vorgehensmodells und Aufgaben, die in Entwicklungsprojekten durch Axiomatic Design unterstützt werden sollen. Bitte die Liste unten erst dann abfragen, wenn der Interviewte Anwendungsbereiche genannt hat.)

Anwendungsbereich	Begründung

Anwendung als Methode zur Qualitätsprüfung ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Projekte, bei denen die Anforderungen im Projektverlauf relativ konstant bleiben und bei denen die Entwurfsqualität im Vordergrund steht ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Zeitkritische Projekte, bei denen die Anforderungen häufig wechseln ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Projekte, bei denen eine SOA ohne Berücksichtigung einer bestehenden IT-Landschaft (auf der „grünen Wiese“) aufgebaut werden soll ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

Projekte, bei denen eine SOA unter Berücksichtigung einer bestehenden IT-Landschaft aufgebaut werden soll ☐ ja ☐ nein ☐ k. A.

- 10. Wie groß war der Zeitaufwand für die Modellierung mit Axiomatic Design?** (Diese Frage betrifft nur Anwender von Axiomatic Design.)

Gesamtzeitaufwand (in Personentagen):

Davon Zeitaufwand für die Einarbeitung in die Methode (in Personentagen):

- 11. Wie groß war der Zeitaufwand für die Modellierung mit der parallel zu Axiomatic Design eingesetzten Methode?** (Diese Frage betrifft nur Anwender der parallel zu AD eingesetzten Methode.)

Gesamtzeitaufwand (in Personentagen):

Davon Zeitaufwand für die Einarbeitung in die Methode (in Personentagen):

Literaturverzeichnis

- [ADOS2007b] Abran, A.; Desharnais, J.-M.; Oligny, S.; St-Pierre, D.; et al.: The COSMIC Functional Size Measurement Method Version 3.0: Measurement Manual. Common Software Measurement International Consortium (COSMIC), o. O. 2007, http://www.gelog.etsmtl.ca/cosmic-ffp/updates/COSMIC_method_V3.zip, Abruf: 2008-06-30.
- [Balz1998] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik: Software-Management, Software-qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung. Spektrum, Heidelberg, Berlin 1998.
- [Balz2001] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik: Software-Entwicklung. 2. Aufl., Spektrum, Heidelberg, Berlin 2001.
- [Balz2005b] Balzert, H.: Lehrbuch der Objektmodellierung: Analyse und Entwurf mit der UML 2. 2. Aufl., Spektrum, Heidelberg 2005.
- [BiKa1998] Bieman, J. M.; Kang, B.-K.: Measuring Design-Level Cohesion. In: IEEE Transactions on Software Engineering 24 (1998) 2, S. 111-124.
- [BiOt1994] Bieman, J. M.; Ott, L. M.: Measuring Functional Cohesion. In: IEEE Transactions on Software Engineering 20 (1994) 8, S. 644-657.
- [BrDW1998] Briand, L. C.; Daly, J. W.; Wüst, J.: A Unified Framework for Cohesion Measurement in Object-Oriented Systems. In: Empirical Software Engineering 3 (1998) 1, S. 65-117.
- [BrDW1999] Briand, L. C.; Daly, J. W.; Wüst, J. K.: A Unified Framework for Coupling Measurement in Object-Oriented Systems. In: IEEE Transactions on Software Engineering 25 (1999) 1, S. 91-121.
- [BrMB1996] Briand, L. C.; Morasca, S.; Basili, V. R.: Property-Based Software Engineering Measurement. In: IEEE Transactions on Software Engineering 22 (1996) 1, S. 68-86.
- [Burk1999] Burkhardt, R.: UML - Unified Modeling Language: Objektorientierte Modellierung für die Praxis. 2. Aufl., Addison-Wesley, Bonn, et al. 1999.
- [ChKe1994] Chidamber, S. R.; Kemerer, C. F.: A Metrics Suite for Object Oriented Design. In: IEEE Transactions on Software Engineering 20 (1994) 6, S. 476-493.
- [Cosm2005] o. V.: Guideline for Sizing Business Application Software Using COSMIC-FFP: VERSION 1.0. Common Software Measurement International Consortium (COSMIC), o. O. 2005, <http://www.gelog.etsmtl.ca/cosmic-ffp/updates/b.pdf>, Abruf: 2008-06-30.
- [EdKS1992] Eder, J.; Kappel, G.; Schrefl, M.: Coupling and Cohesion in Object-Oriented Systems. In: Proceedings of the Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'92). Baltimore 1992, S. 1-34.

- [Erl2005] Erl, T.: Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design. Prentice Hall, Upper Saddle River, et al. 2005.
- [Flor2005] Floridi, L.: Is Semantic Information Meaningful Data? In: Philosophy and Phenomenological Research 70 (2005) 2, S. 351-370.
- [FrJE2000] Frey, D. D.; Jahangir, E.; Engelhardt, F.: Computing the Information Content of Decoupled Designs. In: Research in Engineering Design 12 (2000) 2, S. 151-161.
- [Joha1992] Johannesson, R.: Informationstheorie: Grundlage der (Tele-) Kommunikation. Addison-Wesley, Bonn, et al. 1992.
- [Klem2003] Klemm, H.: Ein großes Elend. In: Informatik Spektrum 26 (2003) 4, S. 267-273.
- [KIPS2006] Klimant, H.; Piotraschke, R.; Schönfeld, D.: Informations- und Kodierungstheorie. 3. Aufl., Teubner, Wiesbaden 2006.
- [LiHe1993] Li, W.; Henry, S.: Object-Oriented Metrics that Predict Maintainability. In: Journal of Systems and Software 23 (1993) 2, S. 111-122.
- [LüFi2008] Lüttich, M.; Fiege, R.: Anwendung von Axiomatic Design für den Entwurf serviceorientierter Architekturen. In: Bankhofer, U.; Nissen, V.; Stelzer, D.; Straßburger, S. (Hrsg.): Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 2008-02. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau 2008, S. 1-140.
- [Lütt2007] Lüttich, M.: Anwendung von Axiomatic Design für den Entwurf serviceorientierter Architekturen. Diplomarbeit vorgelegt am Fachgebiet Informations- und Wissensmanagement der Technischen Universität Ilmenau. Ilmenau 2007.
- [Oest2006] Oesterich, B.: Analyse und Design mit UML 2.1: Objektorientierte Softwareentwicklung. 8. Aufl., Oldenbourg, München, Wien 2006.
- [OMG2007] o. V.: Unified Modeling Language: Superstructure. Version 2.1.1. Formal/2007-02-05. Object Management Group (OMG), o. O. 2007, <http://www.omg.org/cgi-bin/apps/doc?formal/07-02-05.pdf>, Abruf: 2008-06-30.
- [Orac2006] o. V.: Oracle SOA Suite Tutorial, Release 3 (10.1.3.1.0). Oracle, o. O. 2006, http://download-uk.oracle.com/docs/cd/B31017_01/core.1013/b28937.pdf, Abruf: 2008-02-26.
- [OtBi1998] Ott, L. M.; Bieman, J. M.: Program Slices as an Abstraction for Cohesion Measurement. In: Information and Software Technology 40 (1998) 11, S. 691-699.
- [Ritt2008] Ritter, M.: Anwendung und Evaluation der Service-Modellierungsmethode von Erl im Entwurf einer SOA im Projekt "ElsaPro" der Volkswagen AG. Diplomarbeit vorgelegt am Fachgebiet Informations- und Wissensmanagement der Technischen Universität Ilmenau. Ilmenau 2008.

- [Seng2008] Sengewald, C.: Anwendung und Evaluation von Axiomatic Design im Entwurf einer SOA im Projekt "ElsaPro" der Volkswagen AG. Diplomarbeit vorgelegt am Fachgebiet Informations- und Wissensmanagement der Technischen Universität Ilmenau. Ilmenau 2008.
- [Shan1948] Shannon, C. E.: A Mathematical Theory of Communication. In: The Bell System Technical Journal 27 (1948) July-October, S. 379–423, 623–656.
- [StMC1974] Stevens, W. P.; Myers, G. J.; Constantine, L. L.: Structured Design. In: IBM Systems Journal 13 (1974) 2, S. 115-139.
- [Suh1990] Suh, N. P.: The Principles of Design. Oxford University Press, New York, et al. 1990.
- [Suh2001] Suh, N. P.: Axiomatic Design: Advances and Applications. Oxford University Press, New York 2001.
- [Tonk2008] Tonk, C.: Anwendung und Evaluation von Axiomatic Design im Entwurf einer serviceorientierten Architektur anhand des Projekts CoDIS Vehicle Configurator der BMW AG. Diplomarbeit vorgelegt am Fachgebiet Informations- und Wissensmanagement der Technischen Universität Ilmenau. Ilmenau 2008.
- [Uhli2008] Uhlig, J.: Analyse der Anwendbarkeit von Axiomatic Design für den Entwurf einer serviceorientierten Architektur mit Hilfe des Oracle Business Process Architect. Diplomarbeit vorgelegt am Fachgebiet Informations- und Wissensmanagement der Technischen Universität Ilmenau. Ilmenau 2008.

Axiomatic Design

Eine Methode zur serviceorientierten Modellierung

Fiege, R.

2009, XXIII, 208 S. 60 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8349-2136-9