

Maik Herfurth

**Entwicklung von prozessorientierten
Informationssystemen für die industrielle
Dienstleistungsbeschaffung**

Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung

von
Maik Herfurth

Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, 2014
Tag der mündlichen Prüfung: 29. Juli 2014
Referenten: Prof. Dr. Andreas Oberweis
Prof. Dr. Ralf Reussner

Impressum



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT Scientific Publishing
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe

KIT Scientific Publishing is a registered trademark of Karlsruhe
Institute of Technology. Reprint using the book cover is not allowed.

www.ksp.kit.edu



*This document – excluding the cover – is licensed under the
Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 DE License
(CC BY-SA 3.0 DE): <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/>*



*The cover page is licensed under the Creative Commons
Attribution-No Derivatives 3.0 DE License (CC BY-ND 3.0 DE):
<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de/>*

Print on Demand 2014

ISBN 978-3-7315-0268-5
DOI 10.5445/KSP/1000043257

Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften (Dr. rer. pol.)

von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Inform.Wirt Maik Herfurth

Tag der mündlichen Prüfung: 29.07.2014

Referent: Prof. Dr. Andreas Oberweis

Korreferent: Prof. Dr. Ralf Reussner

Karlsruhe, 2014

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FZI Forschungszentrum Informatik. Im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts *eBusInstand* wurden Analysen durchgeführt, Erkenntnisse gewonnen und neue Lösungsansätze entwickelt. Die entwickelten Lösungsansätze wurden in Anwendungsfällen aus der betrieblichen Praxis angewendet und evaluiert. Die vorliegenden Ergebnisse bieten auch weiterführende Fragestellungen und zeigen einen zukünftigen Forschungsbedarf an Untersuchungen und Entwicklungen auf.

Mein Umfeld hat entscheidend zum erfolgreichen Abschluß dieser Dissertation beigetragen. Ich danke meinem akademischen Lehrer und Doktorvater Prof. Dr. Andreas Oberweis, daß er mir durch die Übernahme des Erstreferats die Möglichkeit zur Promotion eröffnet hat. Herrn Prof. Dr. Ralf Reussner danke ich für die Übernahme des Korreferats und Herrn Prof. em. Dr. Dr. h.c. Wolfried Stucky für die Übernahme des Prüfermandats sowie für seine wertvollen Korrekturhinweise. Ein weiterer Dank geht an Herrn Dr. Peter Weiß für seine inspirierenden Ideen und methodischen Hinweise für die inhaltliche Gestaltung der Arbeit. Ein großer Dank geht auch an Herrn Dr. Thomas Schuster. Seine Unterstützung, Diskussions- und Hilfsbereitschaft sowie seine Korrekturvorschläge haben einen wesentlichen Beitrag zur Entstehung dieser Arbeit geleistet.

Meinen Kollegen und Studenten danke ich für ihre fachliche und technische Unterstützung, ihr Engagement und die gute Zusammenarbeit. Insbesondere danke ich Prof. Dr. Marco Mevius, Dr. Jörg Schumacher, Dr. Thomas Karle, Jan Wiesenberger, Dirk Hachenthal, Florian Spormann, Murat Citak, Axel Meinhardt, Olga Ulmer, Tobias Renth, Selim Ok und Dominik Leonhardt. Für das Lesen und die Korrekturvorschläge danke ich besonders meinem Vater.

Meinen Freunden und meiner Familie möchte ich für ihre Hilfsbereitschaft und Motivation danken. Meiner Freundin Elham bin ich besonders für ihre Geduld und ihr Verständnis während der Entstehung dieser Arbeit dankbar. Meinen Eltern gebührt ein ganz besonderer Dank. Ohne sie und ihre vorbehaltlose Unterstützung und ihren Glauben an mich wäre diese Arbeit nie entstanden. Sie haben mir mein Studium ermöglicht und entscheidend dazu beigetragen, die Voraussetzungen für die Anfertigung meiner Dissertation zu schaffen.

Abstract

Durch seinen Anteil von fast 70 Prozent an der deutschen Bruttowertschöpfung gewinnt der Dienstleistungssektor zunehmend an Bedeutung. Den wichtigsten Teilbereich bilden industrielle Dienstleistungen. Sie generieren für Maschinen- und Anlagenhersteller sowie Dienstleister Nutzenpotenziale zur nachhaltigen Sicherung von Wettbewerbsvorteilen. Insbesondere tragen industrielle Dienstleistungen der Instandhaltung wie bspw. Reinigungs-, Wartungs- oder Entsorgungsdienstleistungen dazu bei, die Leistungsbereitschaft und die Effizienz eines Unternehmens zu gewährleisten. Die produzierenden Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau erkennen verstärkt die Bedeutung industrieller Dienstleistungen und deren Beschaffung, um die Funktionsfähigkeit von Anlagen während der gesamten Betriebsdauer zu sichern. Der Einsatz moderner Informationstechnologie für die elektronische Dienstleistungsbeschaffung ist erfolgsversprechend, wird aber durch heterogene Systemlandschaften, uneinheitliche Geschäftsprozesse und Datenaustauschformate eingeschränkt.

Um diesen Defiziten geeignet zu begegnen, sind Lösungen zur Entwicklung und Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme für die Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung erforderlich. In dieser Arbeit werden Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen auf der Modellierungs- und Ausführungsebene vorgestellt. Zunächst werden relevante Eigenschaften von Dienstleistungen und deren Beschaffung charakterisiert und durch ein Metamodell *MSP* und eine domänenspezifische Metamodellerweiterung *eMSP* mit der Modellierung und Ausführung von Geschäftsprozessen in Bezug gesetzt. Das entwickelte, *evolutionäre Vorgehensmodell* zur Modellierung, Analyse, Simulation und Implementierung von Serviceprozessen wird präsentiert. Darauf aufbauend wird zur Modellierung von Geschäftsprozessen (so genannte *Serviceprozesse*) und Prozessobjekten (so genannte *Serviceobjekte*) die entwickelte, Petri-Netz-basierte, integrierte Modellierungsmethode *iServMod* vorgestellt. Das *Referenzprozessmodell RPSP* dient der einheitlichen Prozessgestaltung von Serviceprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung. Anschließend werden ein *iteratives Vorgehensmodell* für die Simulation von Serviceprozessen und das eingesetzte Werkzeug *SP-Editor* zur Unterstützung und Evaluierung der konzeptionellen Erweiterungen der integrierten Modellierungsmethode demonstriert. Simulationsexperimente zur Identifikation von Verbesserungspotenzialen in Serviceprozessen werden dargestellt und die Simulationsergebnisse diskutiert. Die Harmonisierung und Integration der Serviceprozesse erfolgen durch E-Business-Lösungen. Dazu werden eine neue *Klassifikationsstruktur für industrielle Instandhaltungsdienstleistungen* und das Datenaustauschformat *eBusiness for Services-XML* eingeführt. Deren Anwendbarkeit in der betrieblichen Praxis wird schließlich durch technologische Anwendungen in Szenarien der betrieblichen Praxis evaluiert. Durchgeführte Prozessmessungen bestätigen in diesem Zusammenhang die Erkenntnisse aus den Simulationsexperimenten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Problemstellung.....	6
1.3	Zielsetzung	10
1.4	Domänenspezifisches Vorgehensmodell	13
1.5	Struktur der Arbeit	15
2	Integration von prozessorientierten Informationssystemen	19
2.1	Geschäftsprozessmanagement.....	19
2.1.1	Geschäftsprozesse	20
2.1.2	Prozessobjekte	23
2.2	Workflowmanagement	24
2.3	Serviceprozessmanagement	26
2.3.1	Serviceprozesse	27
2.3.2	Serviceobjekte	28
2.4	Informationsmanagement.....	28
2.4.1	Informationen und Daten	29
2.4.2	Service Master Data Management	29
2.5	Informationssysteme	31
2.5.1	Systematisierung von Informationssystemen.....	33
2.6	Harmonisierung und Integration	34
2.6.1	Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen.....	38
2.6.2	Harmonisierung und Integration von Daten.....	40
2.6.3	Integration von Anwendungen.....	41
3	Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse und Prozessobjekte	49
3.1	Modellierung	49
3.1.1	Metamodelle.....	50
3.1.2	Geschäftsprozessmodelle	54
3.1.3	Informationsmodelle	56
3.2	Modellierung von Geschäftsprozessen	57
3.2.1	Petri-Netze.....	58
3.2.2	Unified Modeling Language (UML).....	72
3.2.3	Business Process Modeling Notation (BPMN).....	76

3.2.4	Weitere Geschäftsprozessmodellierungssprachen	77
3.3	Modellierung von Prozessobjekten	81
3.3.1	XML-Schema-Modell (XSM)	82
4	Elektronische Beschaffung von Dienstleistungen	89
4.1	Grundlagen von Dienstleistungen	89
4.1.1	Bedeutung und Wertschöpfung von Dienstleistungen	92
4.1.2	Systematisierung von Dienstleistungen	93
4.1.3	Dienstleistungsqualität	99
4.2	Hybride Wertschöpfung	101
4.2.1	Hybride Produkte	101
4.2.2	Industrielle Dienstleistungen	104
4.2.3	Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen	111
4.3	Industrielle Dienstleistungsbeschaffung	113
4.3.1	Beschaffung	114
4.3.2	Industrielle Dienstleistungsnetzwerke	122
4.4	Standardisierung in der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung	130
4.4.1	Elektronische Dienstleistungsbeschaffung	131
4.4.2	Elektronische Handelbarkeit von Dienstleistungen	135
4.4.3	Elektronische Standardisierung	139
4.4.4	E-Business-Standards in der Dienstleistungsbeschaffung	142
5	Metamodell zur Beschreibung der industriellen Dienstleistungsbeschaffung	149
5.1	Metamodell	150
5.1.1	Anforderungen	150
5.1.2	Existierende Ansätze	153
5.1.3	Modellierung von Teilmodellen	154
5.2	Domänenspezifische Metamodellerweiterung	163
5.2.1	Zielsetzung der domänenspezifischen Metamodellerweiterung	164
5.2.2	Erweiterte domänenspezifische Anforderungen	165
5.2.3	Modellierung von Teilmodellen	166
5.3	Beispiel Modellinstanz	175
5.3.1	Beschreibung der Teilmodellinstanzen	176
5.4	Identifikation von ablaufrelevanten Objekten	179
5.5	Bewertung des Metamodells und der Metamodellerweiterung	179
5.5.1	Bewertung der erreichten Gestaltungsziele	180

5.5.2	Überprüfung der Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung	181
5.5.3	Qualitative Bewertung	182
6	Integrierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten	183
6.1	Entwicklung der integrierten Modellierungsmethode <i>iServMod</i>	183
6.1.1	Anforderungen	187
6.2	Evolutionäres Vorgehensmodell	193
6.2.1	Phasen des Vorgehensmodells	193
6.2.2	Zusammenhang von Formalisierungsstufen der Modellierungssprache und Lösungen in den Phasen des Vorgehensmodells.....	197
6.3	Modellierungskonzepte für die Modellierung von Serviceprozessen	198
6.3.1	Sichten des Modellierungsansatzes.....	198
6.3.2	Konzeptuelle Modellierungsschichten	200
6.4	Modellierung von ablaufrelevanten Prozessobjekten	202
6.4.1	XML-basierte Modellierung von Serviceobjekten.....	203
6.5	Erweiterung von Petri-Netzen für die Modellierung von Serviceprozessen.....	207
6.5.1	Einfache Service-Netze (<i>eSN</i>).....	208
6.5.2	Höhere Service-Netze (<i>hSN</i>).....	215
6.5.3	Modellierung von Serviceprozessen mit Web Services.....	228
6.6	Bewertung des Modellierungsansatzes	232
6.6.1	Bewertung der erreichten Gestaltungsziele.....	232
6.6.2	Qualitative Bewertung	234
7	Einheitliche Prozessgestaltung in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung	235
7.1	Einführung in die Referenzmodellierung.....	236
7.1.1	Elementare Merkmale von Referenzmodellen.....	238
7.1.2	Nutzen und Probleme von Referenzmodellen.....	239
7.2	Entwicklung eines Referenzprozessmodells	240
7.2.1	Sprachliche Anforderungen an das Referenzprozessmodell	240
7.2.2	Fachliche Anforderungen an das Referenzprozessmodell	241
7.2.3	Existierende Referenzmodelle für die Dienstleistungsbeschaffung.....	243
7.3	Referenzprozessmodell für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung.....	250
7.3.1	Prozessphasen und Prozessschnittstellen	251
7.3.2	Dienstleistungsbeschaffungstypen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung.....	253
7.3.3	Modellierung des Referenzprozessmodells.....	255
7.3.4	Modellierung von Serviceprozessmodellen der Serviceprozessphasen	257

7.4	Bewertung des Referenzprozessmodells.....	267
7.4.1	Bewertung der erreichten Gestaltungsziele	267
7.4.2	Multiperspektivischer Bewertungsansatz	268
7.4.3	Überprüfung der Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung	269
7.4.4	Qualitative Bewertung	270
8	Werkzeuggestützte Modellierung und simulative Analyse von Serviceprozessen	273
8.1	Qualitative und quantitative Analyse von Geschäftsprozessen	273
8.1.1	Validierung und Verifikation	274
8.1.2	Analysemethoden.....	274
8.2	Simulation von Geschäftsprozessen	276
8.2.1	Petri-Netz basierte Prozesssimulation.....	279
8.2.2	Softwaregestützte Prozesssimulation.....	280
8.2.3	Bewertung der Prozesssimulation.....	282
8.2.4	Iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation.....	283
8.3	Modellierung und Simulation von Serviceprozessen mit <i>Horus</i>	286
8.3.1	Softwarewerkzeug <i>Horus</i>	287
8.3.2	Modellierung von Serviceprozessen	291
8.3.3	Modellierung von Serviceobjekten	295
8.3.4	Modeling Service Repository	298
8.3.5	Simulationsumgebung für Serviceprozesse	299
8.4	Simulationsbasierte Identifikation von Verbesserungspotenzialen	301
8.4.1	Simulationsdurchführung.....	303
8.4.2	Analyse und Interpretation.....	309
8.5	Bewertung der Prozesssimulation.....	318
8.5.1	Bewertung der Simulationsergebnisse.....	318
8.5.2	Qualitative Bewertung	320
9	Harmonisierung und Integration von elektronischen Serviceprozessen	323
9.1	Entwicklung von E-Business-Lösungen	323
9.1.1	Anforderungen	325
9.1.2	Defizite bestehender Lösungen.....	327
9.1.3	Harmonisierungslösung	330
9.1.4	Integrationslösung.....	337
9.2	Technologische Anwendungen.....	356
9.2.1	XML-basierter, elektronischer Datenaustausch.....	357

9.2.2	Einsatz von Service-orientierten Architekturen (SOA) für KMU	360
9.2.3	B2B-Integration mit Service-orientierten Architekturen (SOA).....	364
9.3	Evaluierung der E-Business-Lösungen	366
9.3.1	Medienbrüche.....	368
9.3.2	Bearbeitungszeiten	369
9.3.3	Durchlaufzeiten	374
9.3.4	Bearbeitungskosten	378
9.4	Bewertung der E-Business-Lösungen	379
9.4.1	Bewertung der erreichten Gestaltungsziele.....	380
9.4.2	Bewertung der technologischen Anwendungen.....	380
9.4.3	Bewertung der Prozessevaluierungen	381
9.4.4	Betrachtung der Total Cost of Ownership (TCO).....	383
9.4.5	Qualitative Bewertung	384
10	Zusammenfassung, Bewertung und Ausblick	387
10.1	Zusammenfassung.....	387
10.2	Abschließende Bewertung	391
10.3	Ausblick	397
	Anhang A: Anwendungsfälle.....	401
	Abbildungsverzeichnis	403
	Tabellenverzeichnis	411
	Listingverzeichnis	413
	Definitionsverzeichnis	415
	Literaturverzeichnis	417
	Stichwortverzeichnis	471

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird zunächst die Ausgangssituation in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung beschrieben. Es wird auf die Problemstellung eingegangen. Die bestehenden Forschungs- und Praxisdefizite werden aufgezeigt. Vor dem Hintergrund der bestehenden Probleme wird die Zielsetzung der Arbeit formuliert und ein domänenspezifisches Vorgehensmodell wird definiert. Der Aufbau der Arbeit wird vorgestellt.

1.1 Ausgangssituation

Die Struktur der deutschen Wirtschaft hat sich in den zurückliegenden Jahrzehnten gewandelt. Kennzeichnend dafür ist der langjährige Rückgang des Wertschöpfungsanteils an Sachgütern der Industrie zugunsten der Dienstleistungen, die einen immer größeren Teil der wirtschaftlichen Leistung ausmachen [BMWi12a]. Durch seinen Anteil von fast 70 Prozent an der deutschen Bruttowertschöpfung gewinnt der Dienstleistungssektor zunehmend an Bedeutung [BMWi12b]. Den bedeutendsten Teilbereich in der Dienstleistungswirtschaft bilden *industrielle Dienstleistungen*¹ als Teil von *hybriden Produkten* mit einem Anteil von über 40 Prozent und einem Umsatzvolumen von über 575 Mrd. € [RS08]. Hybride Produkte sind durch eine integrierte Betrachtung von Sach- und Dienstleistungen gekennzeichnet, die sich an dem für den Kunden geschaffenen Nutzen orientieren [ASS+07, MM09, SD06]. Durch die Hybridisierung eröffnen sich für Maschinen- und Anlagenhersteller sowie Dienstleister als Anbieter von industriellen Dienstleistungen Nutzenpotenziale zur nachhaltigen Sicherung von Wettbewerbsvorteilen [Ba04]. Mit innovativen Produktentwicklungen im Maschinen- und Anlagenbau wird die Materialversorgung komplexer und der Wettbewerb verstärkt. Die Hybridisierung ermöglicht Unternehmen die Kombination von Sach- und Leistungsprodukten. Industrielle Dienstleistungen werden als *Produktionsfaktor* im Unternehmen betrachtet. Sie zielen über die in Verbindung mit einer der Dienstleistung zugrunde liegenden Funktion auf die Beeinflussung bzw. Verbesserung der Effektivität und Effizienz im beschaffenden Unternehmen ab. Beispiele industrieller Dienstleistungen sind Transportleistungen, Abfallentsorgung, Kundendienst (technischer Service) oder Garantieleistungen für Maschinen.

Der *Maschinen- und Anlagenbau*² ist mit 986.000 Beschäftigten die größte Industriebranche Deutschlands [VDMA14]. Die produzierenden Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau erkennen verstärkt die Bedeutung industrieller Dienstleistungen und deren Beschaffung für den langfristigen Erfolg in einem durch zunehmenden Wettbewerb geprägten Marktumfeld [Wi07]. Der Wettbewerb nimmt durch eine Homogenisierung im Sachgutge-

¹ *Industrielle Dienstleistungen* werden auch als Produktivleistungen [Ka77], Input-Dienstleistungen [St96b] bzw. unternehmensbezogene Dienstleistungen [Hu98.] oder im englischsprachigen Raum auch Business Services [FNT98], Business-to-Business-Services [Sz93] oder Producer Services [SZ87] bezeichnet.

² Die *Investitionsgüterindustrie* (bzw. das Investitionsgüter produzierende Gewerbe) wird als Hauptgruppe der Verarbeitenden Industrie ausgewiesen. Einer der quantitativ bedeutendsten Wirtschaftszweige der Investitionsgüterindustrie ist der Maschinenbau [VDMA14].

schäft zu [GHF06]. Die Gestaltung der Kooperation von Sach- und Dienstleistern gewinnt einen hohen Stellenwert. Vor allem im Maschinen- und Anlagenbau sehen die produzierenden Unternehmen verstärkt industrielle Dienstleistungen als entscheidenden Wertschöpfungsfaktor für den langfristigen Erfolg [BK01a, St07a, Wi07a]. Die gestiegene Nachfrage nach industriellen Dienstleistungen resultiert aus den folgenden Gründen [Th08]:

- **technische Komplexität:** Die gestiegene technische Komplexität der Produkte, der Einsatz von immer leistungsfähigeren Maschinen, die steigenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Produktionsanlagen sowie die Senkung von Betriebskosten gehen mit einem zunehmenden Dienstleistungsbedarf einher [So02].
- **Outsourcing interner Dienstleistungen:** Die Wettbewerbssituation führt zu einem dazu, dass viele Anbieter neben der Ausweitung des Produktsortiments ihre Leistungsfähigkeit durch das Dienstleistungsgeschäft diversifizieren, um neue Geschäftsfelder zu erschließen, und zum anderen die zum Betrieb und Erhalt von Produktionsanlagen erforderlichen Dienstleistungen zur Fremdvergabe (Outsourcing) auslagern [Hi06]. Industrieunternehmen aus der Investitionsgüterindustrie fragen zunehmend für früher noch selbst ausgeführte Dienstleistungen auf Beschaffungsmärkten nach, um sich auf Kernkompetenzen und die damit einhergehenden Dienstleistungen zur Leistungserstellung zu konzentrieren [AG03, FNT98].
- **Wertschöpfungsintegration:** Durch die Veränderung bestehender Wertschöpfungsstrukturen kommt externen Dienstleistungsanbietern eine Schlüsselbedeutung zu, um veränderte Wertschöpfungskonzepte umzusetzen, wie bspw. im Rahmen des Modular/System Sourcing³ [Ar95].
- **Marktentwicklung und Globalisierung:** Durch Globalisierungstendenzen und kürzere Produktlebenszyklen führt die Marktentwicklung auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten eines beschaffenden Unternehmens zu einer verstärkten Nachfrage von Dienstleistungen [We06c].
- **Marktdifferenzierung:** Industrieunternehmen integrieren Dienstleistungen als *Value added Services*⁴ in Produkte, um sich aufgrund des Konkurrenzdrucks bei weitgehender Homogenität im Sachgüterbereich vom Wettbewerb abzusetzen. Die steigende betriebswirtschaftliche Bedeutung von Dienstleistungen ist signifikant und der internationale Wettbewerbsdruck durch eine Homogenisierung im Sachgutgeschäft nimmt zu [GHF06].

Industrielle Dienstleistungen nehmen eine wichtige Rolle in der Wertschöpfung der produzierenden Unternehmen ein und stehen im Fokus des Maschinen- und Anlagenbaus. Laut Horn [Ho09] werden industrielle Dienstleistungen, vor allem die *Instandhaltung*, als zunehmend wichtiger Teil in der Wertschöpfungskette angesehen. Der Instandhaltungsbereich ist der umsatzstärkste Industriezweig in der Bundesrepublik Deutschland und stellt einen Milliardenmarkt dar [GFIN11, Ho09, Lü13]. Industrielle Instandhaltungsdienstleis-

³ Die Beschaffung kompletter, einbaufertiger Baugruppen bzw. Module wird als *Modular Sourcing* bezeichnet [Wil2a].

⁴ Als *Value Added Services* werden Mehrwertdienste bezeichnet, die Dienstleistungen oder Sachleistungen ergänzen und damit den Wert oder Nutzen dieser Dienstleistungen oder Sachleistungen erhöhen.

tungen wie Reinigungs-, Wartungs- und Sicherheitsdienstleistungen tragen dazu bei, die Leistungsbereitschaft eines Unternehmens durch die Beseitigung von Funktionsmängeln aufrechtzuerhalten und die Effizienz der betrieblichen Abläufe zu gewährleisten [MF08]. Diese unterstützenden Wertaktivitäten (*MRO-Services*) sind Teil der primären Wertaktivitäten der Porterschen Wertkette [Po96] und gehen in den Leistungserstellungsprozess nachfragender Unternehmen ein. Das permanente Wachstum, die sich verändernde Altersstruktur und die steigenden Nutzungszeiten des Sachanlagevermögens sowie der sich im Zeitablauf verändernde Zustand der gesamten Infrastruktur sorgen für eine wachsende Bedeutung der Instandhaltung. Die Instandhaltung wird gemäß Definition nach DIN 31051 [DIN03] immer und überall dort ausgeübt, wo die Funktionsfähigkeit zu sichern, der Wert von Betrachtungseinheiten zu erhalten und damit der Wert technischer Objekte sicherzustellen ist. Die Hauptaufgabe der industriellen Instandhaltung besteht darin, eine möglichst störungsfreie Nutzungsdauer der betreuten technischen Objekte zu erzielen und den dazu erforderlichen Aufwand möglichst gering zu halten [Pa13, St12]. Beispiele von Instandhaltungsdienstleistungen sind die *Wartung einer hydraulischen Pumpe* (präventive Instandhaltungsmaßnahme) oder die *Instandsetzung einer Feuertüre* (korrektive Instandhaltungsmaßnahme).

Industrieunternehmen als Dienstleister sowie Sachleistungslieferanten industrieller Unternehmen bieten aufgrund des Wettbewerbs industrielle Dienstleistungen als heterogene Leistungsbündel mit Dienstleistungsanteilen zur Komplettierung und Differenzierung ihres Leistungsangebots an. Dadurch gewinnt die *Beschaffung industrieller Dienstleistungen*, die bspw. zur Sicherung der Funktionsfähigkeit von Anlagen während ihrer gesamten Betriebsdauer beiträgt, zunehmend an Bedeutung. Die primäre Aufgabe der Dienstleistungsbeschaffung liegt in der Realisierung von Leistungsverbesserungspotenzialen. Damit lassen sich Kostensenkungs- und Erlössteigerungspotenziale mit der Folge einer Leistungsverbesserung erschließen. In der Dienstleistungsbeschaffung sind die Beziehungen von Unternehmen der Investitionsgüterindustrie zu Dienstleistungsanbietern langfristig ausgelegt [FNT98]. Durch eine systematische Dienstleistungsbeschaffung werden Wettbewerbsvorteile auf dem Beschaffungs- und Absatzmarkt erzielt, um die Position eines nachfragenden Unternehmens zu sichern. Mit der Dienstleistungsbeschaffung entsteht eine Hebelwirkung, die sich gleichsam durch die Reduzierung der Beschaffungskosten und durch eine in Bezug auf die Ergebniswirkung vergleichbare Umsatzsteigerung in Abhängigkeit vom Beschaffungskostenanteil an der Steigerung der Umsatzrendite zeigt [Th08]. Durch eine effektive Dienstleistungsbeschaffung lassen sich gemäß Fallbeispielen aus der Unternehmenspraxis Einsparungen bis zu zehn Prozent pro Jahr erreichen [EI03].

Nach einer Studie von Heinen et al. [HRH09] besitzt die Dienstleistungsbeschaffung ein erhebliches Einsparpotenzial für Unternehmen⁵. Im Vordergrund steht die Interaktion zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager. Bei 35 Prozent der Unternehmen wird die Beschaffung von Dienstleistungen noch immer individuell durch Mitarbeiter ohne Einbindung des Einkaufs durchgeführt. Elf Prozent des Bestellvolumens an

⁵ In 2009 führte Ernst & Young eine Studie über die Beschaffung von Dienstleistungen durch. Hierbei wurden Einkaufsleiter von 100 kleinen, mittleren und großen Unternehmen verschiedener Dienstleistungsbranchen befragt [HRH09].

Dienstleistungen werden gänzlich ohne schriftliche Bestellung an bestehende Einkaufssysteme vergeben. Bei 40 Prozent der Unternehmen wird auf eine Erfassung von Dienstleistungen in Informationssystemen vollständig verzichtet. Den Unternehmen fehlt es an Markttransparenz (39 Prozent), was auf eine fehlende, eindeutige Beschreibung von Dienstleistungen sowie ein unterdurchschnittlich professionalisiertes Beschaffungsmanagement zurückzuführen ist. Eindeutig definierte Beschreibungen von Dienstleistungen und Anforderungen sind die Basis für eine transparente Angebotserstellung und gewährleisten eine Vergleichbarkeit. 82 Prozent der großen Unternehmen möchten eine transparente Dokumentation der Geschäftsprozesse erzielen. Eine Standardisierung ist dafür eine Voraussetzung, um bestehende Geschäftsprozesse zu verbessern, die Effizienz zu erhöhen und eine entsprechende Unterstützung durch Informationssysteme zu ermöglichen. Eine Studie von Berlecon Research [SFS+10] zeigt, dass das Potenzial von E-Business-Standards noch lange nicht ausgeschöpft ist. Nur 60 Prozent der Unternehmen haben bisher E-Business-Standards eingeführt, fast 80 Prozent konnten durch ihren Einsatz ihre Geschäftsprozesse beschleunigen, 66 Prozent ihre Datenqualität verbessern. In Studien lässt sich nachweisen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Standards und dem Unternehmenserfolg im Dienstleistungssektor gibt [HB07].

Unternehmen agieren innerhalb von Netzwerkstrukturen, die es ganzheitlich zu gestalten und effizient zu organisieren gilt [CM07, Sc07]. Durch neue Geschäftsmodelle bilden sich unternehmensübergreifende Netzwerkstrukturen und geänderte Zusammensetzungen von Wertschöpfungsketten, die zu neuartigen Alternativen wie den klassischen Einzelleistungsanbietern und Komplettleistungsanbietern (*Full Service Providern*) führen [Le95a]. Anbieter und Nachfrager von industriellen Dienstleistungen treten zunehmend in Netzwerkorganisationen [Sy10], den *Dienstleistungsnetzwerken* [AE03], auf den Beschaffungsmärkten in Erscheinung. In der Investitionsgüterindustrie vollzieht sich zudem eine vertikale Kollaboration innerhalb der Wertschöpfungsketten, da Anbieter in die Wertschöpfungskette ihrer Kunden integriert werden. In diesen unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten in der Dienstleistungsbeschaffung, den *Service Chains* [ISH09, KS10], bestehend aus Anbietern industrieller Dienstleistungen (Dienstleistungsanbieter) und Nachfragern (Dienstleistungsnachfrager), steigt die Komplexität der Geschäftsprozesse. Anforderungen an die dienstleistungsorientierte Beschaffung resultieren aus der Dienstleistungsdefinition aufgrund der spezifischen Eigenschaften *Immaterialität* und *Integrativität* von Dienstleistungen, die die Besonderheiten von Transaktionen zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern begründen [Lo03].

Zwar erfährt das Geschäftsprozessmanagement in der wissenschaftlichen Literatur seit Jahren eine starke Aufmerksamkeit durch eine Vielzahl an Publikationen (siehe z. B. [AS11, SS10, SVO+11]), allerdings nur selten mit einem spezifischen Fokus auf Dienstleistungen und den Dienstleistungsbereich [Re04, Sc97a]. Die Orientierung an Geschäftsprozessen stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die Dienstleistungsbeschaffung dar: Durch die prozessübergreifende Sicht auf elektronische Geschäftsprozesse können Prozessabläufe zwischen Abteilungen (innerbetrieblich) und zwischen Unternehmen (überbetrieblich) dargestellt und als Vorstufe einer Implementierung modelliert werden. In der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung wandelt sich die Art der Kollaboration von Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus von klassischen Geschäftstrans-

aktionen mit semi-automatisierten Geschäftsprozessen hin zu elektronisch integrierten unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen. Damit ändert sich die Art der Wertschöpfung hin zu integrierten elektronischen Wertschöpfungsnetzwerken mit inner- und überbetrieblichen Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten. Fachliche und technische Unterstützungsfunktionen zur Kollaboration sind erforderlich für den zwischenbetrieblichen Datenaustausch [Zi07]. Maschinen- und Anlagenhersteller sind bestrebt, ihre technischen Strukturen anzupassen, da der Einsatz moderner Informationstechnologie wie bspw. Serviceorientierte Architekturen (SOA) für elektronische Geschäftsprozesse (*E-Business-Prozesse*) in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung (*Service E-Procurement*) erfolgsversprechend ist: die Effizienz und Performanz der Geschäftsprozesse der Beschaffung können verbessert und Kosten reduziert werden. Vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung industrieller Dienstleistungen und den damit verbundenen zunehmenden Kosten- und Wettbewerbsdruck bieten die Geschäftsprozesse in der Beschaffung industrieller Dienstleistungen eine Hebelwirkung zur Verbesserung und rücken in den Fokus der Unternehmen.

Der Markt des Anlagen- und Maschinenbaus wird von Industrieunternehmen mit einer Beschäftigungsanzahl von mehr als 1000 Mitarbeitern und einem Umsatzanteil am Gesamtmarkt von über 40 Prozent dominiert [VDMA09]. Diese Industrieunternehmen besitzen die größte Marktmacht, können ihre eigenen Interessen wahrnehmen und geben den Einsatz von Technologien und Standards vor. Sie verfügen über die notwendigen finanziellen Mittel und Ressourcen für Investitionen in Technologien für die elektronische Dienstleistungsbeschaffung. Industrieunternehmen setzen ihre eigenen, proprietären Datenaustauschformate und Prozessabläufe oder existierende, industrielle Standards am Markt in der Dienstleistungsbeschaffung durch. Als Dienstleistungsnachfrager fordern sie den Einsatz dieser verwendeten Datenaustauschformate und Geschäftsprozesse von ihren Dienstleistungsanbietern. E-Business-Standards werden bei knapp 60 Prozent der *kleinen und mittleren Unternehmen (KMU)* aufgrund der Kundennachfrage eingeführt [SFS+10]. Gerade KMU profitieren vom Standardeinsatz durch die einheitliche Kollaboration mit ihren Kunden. KMU stellen zwar mit 42 Prozent die größte Anzahl an Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau, weisen allerdings mit 5,7 Prozent den kleinsten Marktumsatzanteil [VDMA09] aus. KMU verfügen zumeist nicht über die notwendigen finanziellen Mittel und Ressourcen, um Einfluss auf die verwendeten E-Business-Standards auszuüben. Als Dienstleistungsanbieter für zumeist eine Vielzahl unterschiedlicher Industrieunternehmen profitieren KMU jedoch vom Einsatz einheitlicher Standards. Gleichzeitig verfügen KMU vielfach über eine gewachsene, heterogene IT-Landschaft, die eine systematische Vernetzung mit Geschäftspartnern erschwert [IWC09]. Die Geschäftsprozesse zur Unterstützung der industriellen Dienstleistungsbeschaffung sind daher nicht durchgängig automatisiert umgesetzt. Diese Diskrepanz in der technologischen Umsetzung von IT-Systemen zwischen Industrieunternehmen und KMU stellt die industrielle Dienstleistungsbeschaffung vor Herausforderungen. Eine Integration von E-Business-Lösungen findet in den meisten Fällen nicht statt [BT09]. Eine kritische Herausforderung der überbetrieblichen industriellen Dienstleistungsbeschaffung resultiert neben diesen heterogen ausgeprägten IT-Systemlandschaften auch aus uneinheitlichen Geschäftsprozessen und Datenaustauschformaten beteiligter Unternehmen [Oe11, SS08]. Daher liegen die Herausforderungen sowohl

in der E-Business-Integration der verschiedenen Informationssysteme für automatisierte unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse als auch in der Standardisierung der elektronischen Beschaffung von industriellen Dienstleistungen [BME12].

1.2 Problemstellung

Nach Smeltzer und Ogden [SO02] unterscheidet sich die Dienstleistungsbeschaffung durch wahrgenommene Komplexitätsunterschiede von der Sachgüterbeschaffung. Diese Beschaffungskomplexität ist von der Anzahl komplexitätsrelevanter Merkmale und der Häufigkeit von Veränderungen der Merkmalsausprägungen abhängig. In ihrer Untersuchung verdeutlichen Smeltzer und Ogden den Forschungsbedarf bei der Dienstleistungsbeschaffung. Darin bestätigen sie die Annahme über die Unterschiede in der Sachgüter- und Dienstleistungsbeschaffung. Über 51 Prozent der befragten Unternehmen sehen einen wesentlichen Unterschied zwischen der Dienstleistungs- und Sachgüterbeschaffung [SO02]. Die heutige Beschaffungspraxis von Dienstleistungen ist geprägt durch uneinheitliche Lösungen, sachgüterorientierte Geschäftsprozesse, fehlende Standards und einen hohen manuellen Aufwand [HW10a]. Hinzu kommen heterogene inner- und überbetriebliche Prozessstrukturen in der Dienstleistungsbeschaffung. Daten- und Prozessstrukturen beeinflussen sich gegenseitig: Geschäftsprozesse werden nur durch vollständige, redundanzfreie und konsistente Daten und Informationen effektiv unterstützt [LWP05]. Aus der Informationsasymmetrie, die einerseits aus der Komplexität von Dienstleistungen resultiert und andererseits durch die Anwendung unterschiedlicher proprietärer Datenformate von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern bedingt ist, ergeben sich unvollständige und inkonsistente Datenflüsse. Um bei einem steigenden Wettbewerbs- und Kostendruck konkurrenzfähig zu bleiben, sind effiziente Geschäftsprozesse vor allem für KMU ein entscheidender Faktor⁶. Während die elektronische Beschaffung von Sachgütern in vielen Unternehmen bereits einen hohen Reifegrad erreicht hat und standardisierte, homogene und weit verbreitete Lösungen existieren, besteht bei der elektronischen Beschaffung von Dienstleistungen noch ein großer Nachholbedarf [MS08a]. Durch die Umsetzung von elektronischen Geschäftsprozessen lassen sich Prozesse automatisieren, Prozessdurchlaufzeiten reduzieren, Prozesskosten senken, Koordinations- und Abstimmungsaufwände reduzieren und Markttransparenz und Qualität erhöhen [MS08b]. Die Ausstattung von KMU als Dienstleistungsunternehmen mit integrierten IT-Lösungen ist oft rudimentär. Vielfach wird Office-Software als Insellösung eingesetzt [BHG+08]. Im Kern fokussieren Informationssysteme in der Dienstleistungsbeschaffung zumeist auf innerbetrieblichen und materialorientierten Geschäftsprozessen und werden damit den Anforderungen an die Koordination und Gestaltung überbetrieblicher Geschäftsprozesse und Datenflüsse für die Dienstleistungsbeschaffung nicht gerecht [FLR+04, HMS+09]. Die Vielzahl betrieblicher Anwendungen führt bei einzelnen KMU zu zahlreichen internen Schnittstellen und Medienbrüchen und erhöht sich um ein Vielfaches in Abhängigkeit der Anzahl teilnehmender Unternehmen in Wertschöpfungsnetzwerken durch die unterschiedliche Gestaltung von eingesetzten Informationssystemen.

⁶ Nach einer Studie des *Karlsruher Service Research Institute (KSRI)* [SSN09] schätzen Anwender die Sparpotenziale durch verbesserte Geschäftsprozesse oder Standards auf über 30 Prozent.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Nutzung von Informationssystemen zu Unterstützung der Geschäftsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung noch nicht unternehmensübergreifend etabliert ist. Dies verhindert eine Datentransparenz⁷ und verursacht einen hohen manuellen Aufwand vor allem für kleine und mittlere Unternehmen. Aufgrund der spezifischen Eigenschaften von Dienstleistungen können Konzepte, Methoden und Modelle aus dem Bereich der Sachleistungen nicht ohne weiteres auf Dienstleistungen übertragen werden. Infolgedessen müssen die komplexen Geschäftsprozesse und Schnittstellenproblematiken durch eine effiziente Informationstechnologie unterstützt und bewältigt werden.

Forschungs- und Praxisdefizite

In der Praxis herrscht ein Mangel an Verfahren, Methoden und Instrumenten zur Verbesserung der Dienstleistungsbeschaffung [Th08]. Es fehlen in der Praxis standardisierte und weitgehend eingesetzte E-Business-Lösungen zur elektronischen Beschaffung von Dienstleistungen [HMS+09]. Spezifische und daher uneinheitliche Insellösungen werden für die Dienstleistungsbeschaffung entwickelt und eingesetzt. Zusammenfassend werden in der betrieblichen Praxis aufgrund bisher unzureichender Integration von Geschäftsprozessen, Daten und prozessorientierten Informationssystemen die folgenden Defizite deutlich:

- **Intransparenz:** Bei Industrieunternehmen, die Dienstleistungen in Millionenhöhe ausschreiben, fehlt es an Transparenz der Dienstleistungen: Mehr Transparenz spielt für die interne und externe Vergabe von Dienstleistungen eine entscheidende Rolle, um sie vergleichen zu können. Sowohl interne Geschäftsprozesse in Abteilungen als auch überbetriebliche Geschäftsprozesse sind intransparent. Viele Mitarbeiter in den Unternehmen sind über die Prozessstrukturen nicht genau informiert aufgrund eines fehlenden Rahmenwerks für die Geschäftsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung. Im Rahmen einer Spend-Agenda-Studie⁸ gab die Hälfte der hierfür befragten 225 Einkaufsleiter an, dass eine Transparenz von Geschäftsprozessen und den damit verbundenen Kosten bei weniger als 25 Prozent der involvierten Mitarbeiter vorhanden ist [CE05].
- **uneinheitliche Ausgestaltung der Geschäftsprozesse:** Durch den im Vergleich zur Materialbeschaffung verstärkten Interaktionsbedarf ergeben sich Herausforderungen für die Gestaltung der Geschäftsprozesse. Es fehlt an einer allgemeingültigen Empfehlung für betriebliche Beschaffungsabläufe in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung zur Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme. In der Folge kommt es in diesen bilateralen und multilateralen Kollaborationen zu nicht abgestimmten Geschäftsprozessen, Medienbrüchen, langen Prozesslaufzeiten sowie Maverick Buying⁹. Eine Studie zeigt, dass bei den befragten Unternehmen durchschnittlich elf Prozent des Bestellvolumens am Einkaufssystem vorbei vergeben

⁷ *Datentransparenz* entsteht durch einheitliche (harmonisierte) Bezeichnungen und Beschreibungen von Daten sowie durch ein entstehendes eindeutiges Verständnis und eine Interpretation auf dieser Grundlage.

⁸ Durch die *Spend-Analysis* werden das Produktportfolio und die Lieferanten durch eine Datenanalyse und eine Bewertung analysiert, um Transparenz über Ausgaben zu erhalten und die Strukturierung in Warengruppen zu verbessern.

⁹ Der Begriff *Maverick Buying* steht für unkoordinierte Beschaffungsaktivitäten der Bedarfsträger in einem Unternehmen. Der Funktionsbereich des Einkaufs wird umgangen, indem Bedarfsträger selbstständig Bestellungen aufgeben und manuell abschließen.

werden und bei durchschnittlich 40 Prozent der befragten Unternehmen auf eine Erfassung der erbrachten Leistungen in Informationssystemen komplett verzichtet wird [HRH09].

- **unzureichende Automatisierbarkeit:** Der Einsatz von E-Business in Prozessabläufen befindet sich in der Dienstleistungsbeschaffung noch in den Anfängen [AG03, CR03]. Es besteht ein Mangel an Verfahren, Methoden und Instrumenten zur Verbesserung der elektronischen Beschaffung [AG03, SO02]. Die Erhöhung der Automatisierung von Geschäftsprozessen kann die Anzahl an Medienbrüchen reduzieren. Die Effizienz der Geschäftsprozesse wird verbessert durch die Verkürzung von Arbeitsschritten, von hohen Durchlaufzeiten durch Wartezeiten in der Bearbeitung und von hohem Abklärungsbedarf. Des Weiteren tragen die Reduzierung und Vermeidung von zusätzlichen Aufwänden, von redundanten Tätigkeiten und Fehlerquellen ebenfalls zu einer Effizienzsteigerung bei [Sc02a].
- **hohe Abstimmungsaufwände:** Aufwändige, komplexe Geschäftsprozesse und uneinheitliche Datenstrukturen zur Beschreibung von Dienstleistungen und dienstleistungsspezifischen Daten führen zu hohen Abstimmungsaufwänden und damit zu vielen Iterationen zwischen den beteiligten Unternehmen.
- **heterogene Datenaustauschformate:** Die Integration von Informationssystemen setzt die Verwendung standardisierter Methoden für die Verbindung von Schnittstellen voraus, um einen hohen Aufwand durch die zunehmende Schnittstellenheterogenität zu vermeiden. Einheitliche Datenaustauschformate vermeiden diese Ineffizienzen [HMS+09, Wö03]. Die IT-Landschaft in der Dienstleistungsbeschaffung ist geprägt durch den Einsatz heterogener Datenaustauschformate [HMS+09, HW10b, HWR+10].
- **heterogene IT-Landschaften:** Durch den Einsatz unterschiedlichster Informationssysteme entstehen heterogene IT-Landschaften. Schnittstellen müssen die Integrierbarkeit der von den Unternehmen eingesetzten Informationssysteme durch vordefinierte E-Business-Standards und Schnittstellen gewährleisten.

Die im Zusammenhang mit der Integration von Geschäftsprozessen, Daten und prozessorientierten Informationssystemen aufgezeigten Praxisdefizite resultieren aus bestehenden Forschungsdefiziten. Die bisher existierenden wissenschaftlichen Konzepte und Methoden auf der Modellierungs- und Ausführungsebene für die Modellierung, Analyse und Implementierung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung befinden sich in einem unausgereiften Stadium oder sind teilweise ungeeignet. Die Integration von Geschäftsprozessen, Daten und Informationssystemen wird erschwert [HW09]. Die Entwicklung neuer Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen für Geschäftsprozesse bietet eine Effizienzsteigerung durch eine Ablaufverbesserung und -automatisierung. Im Einzelnen sind folgende Defizite in der wissenschaftlichen Forschung erkennbar:

- **mangelndes Verständnis der zugrunde liegenden Wirkungszusammenhänge der Daten- und Prozessebene sowie der Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme:** Für das Verständnis der Zusammenhänge von inner- und überbetrieblichen Geschäftsprozessen und Datenflüssen in Dienstleistungsnetzwerken in der

Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung mangelt es an Transparenz und domänenspezifischem Verständnis. Aus diesem Grund werden die Entwicklung und Gestaltung von Informationssystemen erschwert, aber als Herausforderungen angesehen [WM06].

- **mangelnde Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen:** Die Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen in überbetrieblichen Wertschöpfungsnetzwerken der industriellen Dienstleistungsbeschaffung wurde bisher unzureichend berücksichtigt [HW09, HW10a, Sc12b]. Es existieren zwar Referenzmodelle für die Dienstleistungsbeschaffung, die jedoch die betrieblichen Prozessabläufe in der Dienstleistungsbeschaffung und deren kollaborativen Charakter nicht oder nur auf einer sehr hohen Abstraktionsebene abbilden. Es mangelt an einem einheitlichen Prozessrahmenwerk als Vorlage zur Entwicklung und Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme.
- **fehlende systematische, integrierte Modellierungsmethode:** Geschäftsprozesse werden mit Hilfe von grafischen Modellierungssprachen modelliert. Gegenwärtig benutzte grafische Notationen wie UML [OMG11a], BPMN [OMG11e], EPK [Sc02a] oder Petri-Netze [Re82, Re10a, St90] unterstützen die integrative Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen und Datenflüssen in der Dienstleistungsbeschaffung nicht ausreichend. Es fehlt an einem adäquaten Repräsentationskonzept zur domänenspezifischen, sprachlichen Ausgestaltung von Daten- und Kontrollflussstrukturen.
- **mangelnde Harmonisierung und Integration von Datenstrukturen:** Die Datenintegration gilt als Grundlage harmonisierter Geschäftsprozesse und Voraussetzung für die Anwendungsintegration [JW06]. Verteilte voneinander unabhängig agierende Unternehmen, die jeweils über unterschiedliche Geschäftsprozesse, Anwendungen und heterogene Datenbestände verfügen, können durch technische Integration zu einer integrierten Leistungserstellung innerhalb von Kollaborationen konsolidiert werden [LN07]. Dabei bilden harmonisierte Schnittstellen die Grundlage für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch und die Steigerung der Datenqualität. Im Maschinen- und Anlagenbau existieren bisher keine einheitlichen Datenformate für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Existierende, standardisierte Datenaustauschformate wie GAEB DA XML [GAEB09], ebXML [OASIS00] oder EDIFACT [GS1e, UN08] orientieren sich nicht an den Spezifika von industriellen Dienstleistungen [HSW11] und stellen unzureichende und technologisch veralteten Datendefinitionen dar [SS06, SS07].
- **unzureichende Integration von prozessorientierten Informationssystemen:** Derzeitige Informationssysteme in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung berücksichtigen die Komplexität von industriellen Dienstleistungen nicht ausreichend. Insbesondere wird die Struktur von Wertschöpfungsnetzwerken nicht hinreichend unterstützt [Ko10a]. Viele Aspekte in der Dienstleistungsbeschaffung werden kollaborativ erarbeitet. Informationen müssen daher verdichtet und weitergereicht werden. Die Komplexität der Dienstleistungen, vor allem in der industriellen Dienstleistungen, sowie ihre Heterogenität erschweren im Vergleich zu Sachgütern eine klare Definition und Beschreibung und die Übertragung bestehender Konzepte

auf die Beschaffung. Fehlende Standards und uneinheitliche Lösungen führen in der Praxis dazu, dass häufig spezielle, individuelle Lösungen anzutreffen sind, die eine unternehmensinterne und unternehmensübergreifende Interoperabilität erschweren. Ist ein Dienstleistungsanbieter in mehreren Netzwerken beteiligt, muss sichergestellt werden, dass die Verwendung heterogener Lösungen nicht zu einem Konflikt führt und eine Unterstützung der Abläufe des Dienstleistungsanbieters in den Informationssystemen vorliegt. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) als Lieferanten von Dienstleistungen für große Industrieunternehmen unterschiedlicher Sektoren sind daran interessiert, sich ohne große Kosten am elektronischen Geschäftstransfer beteiligen zu können. KMU müssen in die elektronischen Geschäftsprozesse eingebunden werden. Ihre unzureichende Integration erzeugt einen immensen Aufwand.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Ausgestaltung von Geschäftsprozessen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung bislang individuell, proprietär und uneinheitlich erfolgt. Im Vergleich zur Beschaffung von Sachgütern wurde der Bereich der Dienstleistungsbeschaffung bislang wenig untersucht. Die Gründe liegen in der Schwierigkeit der Beschreibung von industriellen Dienstleistungen und der somit resultierenden Komplexität der Gestaltung und Integration von prozessorientierten Informationssystemen. Es bestehen Defizite in der Modellierung, Analyse und Ausführung von Geschäftsprozessen und Daten. Durch die zunehmende Bedeutung dieser Domäne entsteht gleichzeitig ein erhöhter Forschungsbedarf an Methoden, formalen Beschreibungen für die Domäne der Dienstleistungsbeschaffung sowie der einheitlichen Gestaltung von Informationssystemen und deren Schnittstellen. Diese Arbeit greift die beschriebenen Forschungs- und Praxisdefizite auf und entwickelt einheitliche Lösungsansätze für die Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung.

1.3 Zielsetzung

Um den Problemstellungen der beschriebenen Defizite in Forschung und Praxis geeignet zu begegnen, werden Methoden¹⁰, Modelle¹¹ und E-Business-Lösungen auf der Modellierungs- und Ablaufebene zur Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme entwickelt. Die Dienstleistungsqualität im Vergleich der erwarteten zur wahrgenommenen Leistung [Do04] soll verbessert werden, die Effizienz und Performanz in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung erhöht und die Kosten gesenkt werden. Im Vordergrund sollen hierbei die *Harmonisierung*, *Integration* und *Standardisierung* von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten in der Domäne *industrielle Dienstleistungsbeschaffung* stehen.

¹⁰ Eine *Methode* ist eine planmäßige angewandte, begründete Vorgehensweise zur Erreichung von festgelegten Zielen. Eine Methode wird durch eine Notation und systematische Handlungsanweisungen charakterisiert [HMF92]. Ein *Vorgehensmodell* ist ein Muster zur Beschreibung eines Entwicklungsprozesses und beschreibt bspw. die Vorgehensweise bei der Entwicklung von betrieblichen Anwendungen [FBM+98]. Aus der Sicht einer strikten Differenzierung von Methoden und Modellen können methodische Redundanzen auftreten.

¹¹ *Modelle* modellieren spezifische Sachverhalte aller relevanten Aspekte eines Systems unter der Verwendung einer geeigneten Beschreibungssprache als materielles oder immaterielles Abbild der Realwelt [BRS95]. Beispiele für Modelle sind Metamodelle oder Referenzmodelle.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung von Methoden, Modellen und E-Business-Lösungen zur Unterstützung der Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme für eine durchgängige, elektronische industrielle Dienstleistungsbeschaffung. Eine präzise, integrierte Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten prozessorientierter Informationssysteme in der Modellierungsphase (*design time*) sowie eine effiziente, performante und kostengünstige Ausführung von Geschäftsprozessen mit hoher Qualität in der Ausführungsphase (*run time*) sollen erreicht werden. Im Fokus dieser Arbeit stehen Geschäftsprozesse zur Beschreibung der *elektronischen Beschaffung von industriellen Dienstleistungen* zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern am Beispiel der *Instandhaltung*. Eine internetbasierte Dienstleistungsbeschaffung mit einer Vollintegration des Dienstleistungsanbieters [AB11] soll realisiert werden.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Konzeption von Handlungsanweisungen zur Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme und Geschäftsprozesse in Form von Geschäftsprozessmodellen und Prozessobjektmodellen, die definiert und miteinander verknüpft werden [Le03a]. Diese Modelle dienen als Basis für die Implementierung von prozessorientierten Informationssystemen. Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen werden in die elektronischen Beschaffungs- und Abrechnungssysteme von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern unter dem Einsatz von E-Business-Standards eingebunden. Im Rahmen der Arbeit sollen anhand von realen Anwendungsfällen Probleme der betrieblichen Praxis aufgegriffen und analysiert werden. Hierauf aufbauend werden anschließend angemessene Lösungsansätze entwickelt. Dazu werden formale, strukturierte Methoden und methodisch fundierte Vorgehensweisen für die Modellierung, Analyse, Simulation und Realisierung von Geschäftsprozessen angewendet und erweitert.

Geschäftsprozesse und Geschäftsobjekte sollen auf der Modellierungs- und Ablaufebene betrachtet werden: Geschäftsprozessmodelle sollen durch die Ableitung aus einem Referenzprozessmodell durch Konfiguration zur Modellierungszeit (*build time* bzw. *design time*) modelliert sowie durch erzeugte Geschäftsprozessinstanzen bereitgestellt und als elektronische Geschäftsprozesse bzw. E-Business-Prozesse zur Laufzeit (*run time*) ausgeführt werden. In diesem Zusammenhang sind gängige Modellierungssprachen, Referenzmodelle und E-Business-Standards auf die Möglichkeit ihrer Anwendung in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung zu untersuchen. Modelle und Methoden werden am Beispiel der Beschaffung von Instandhaltungsdienstleistungen in Wertschöpfungsstrukturen (Dienstleistungsnetzwerke) betrachtet. Die entwickelten Ansätze sollen anschließend durch bilaterale Beschaffungsszenarien am Beispiel der Instandhaltung evaluiert werden.

Die Arbeit kombiniert theoretische und empirische Forschung. Die Evaluation wird explorativ (empirisch-induktiv) durchgeführt. Grundlage der explorativen Vorgehensweise bilden Geschäftsprozesse von Anwendungsfällen im Rahmen von Fallstudien¹² in Business-to-Business (B2B)-Szenarien, die im Rahmen eines Forschungstransfer- und Standardisie-

¹² Eine *Fallstudie* ist eine empirische Untersuchung einer komplexen Problemstellung mit der besonderen Problematik, dass sich die Problemstellung und der konzeptuelle Zusammenhang nicht sinnvoll separat betrachten lassen. Sie eignet sich für die Bearbeitung komplexer Forschungsfragen [Kr05a].

rungsprojekts¹³ aufgenommen wurden. Die Erhebung von Anforderungen und die Evaluierung der Forschungsergebnisse¹⁴ werden anhand von Anwendungsfällen aufgezeigt. Die empirischen Forschungsteile orientieren sich am Nutzen für die betriebliche Praxis und kombinieren die Aktionsforschung¹⁵ mit der Fallstudienforschung¹⁶. Die formulierten Zielsetzungen sollen die Entwicklung folgender Ansätze vorantreiben:

- **Entwurf eines domänenspezifischen Vorgehensmodells für die Entwicklung und Gestaltung von prozessorientierten Informationssystemen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung** [WHS11]. Das Vorgehensmodell soll einen Orientierungsrahmen vorgeben, Handlungsempfehlungen zu den aufgezeigten Forschungs- und Praxisdefiziten definieren und die in dieser Arbeit entwickelten Konzepte und Methoden strukturieren und verknüpfen.
- **Entwicklung eines Metamodells für die Beschreibung der Wirkungszusammenhänge von Geschäftsprozessen und Daten, Ressourcen, Organisationsstrukturen und Administrationsstrukturen** [HSW12a]. Das Metamodell soll Strukturen und Zusammenhänge in der Domäne der Dienstleistungsbeschaffung formal explizieren und Entitäten beschreiben.
- **Entwicklung einer auf Petri-Netzen basierenden integrierten Modellierungsmethode zur durchgängigen, präzisen Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten der industriellen Dienstleistungsbeschaffung** [HSW12a, HW11]. Die Modellierungsmethode soll auf einer formalen Modellierungssprache aufbauen, eine systematische Dokumentation und die Analyse durch Simulation von Geschäftsprozessen ermöglichen. Domänenspezifische Aspekte in der Modellierung und Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenstrukturen werden explizit unterstützt. Der Fokus soll auf einer Variante höherer Petri-Netze [GL81, Je90, Ob96a], den XML-Netzen [Le03a, LO03], liegen. Die integrierte Modellierungsmethode ermöglicht Prozessanalysen und die Simulation der Prozessmodelle. Das Verhalten von Serviceprozessen lässt sich durch strukturierte und präzise Modelle eindeutig untersuchen. Die automatisierte Ausführung von Geschäftsprozessen setzt eine präzise, formale Beschreibung durch adäquate Geschäftsprozessmodelle voraus.

¹³ Das Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekt *eBusInstand (E-Business in der Instandhaltung)* von November 2007 – Dezember 2010 analysierte mit 14 Projektpartnern Anwendungsfälle der Abwicklung von Montage-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten von der Ausschreibung bis zur Rechnungsstellung aus der betrieblichen Praxis und entwickelte Lösungen für einen standardisierten, durchgängigen elektronischen Geschäftsverkehr [WSH09]. Das Projekt schaffte die Voraussetzungen für eine durchgängige, standardisierte Beschaffung von Dienstleistungen und erarbeitete Handlungsempfehlungen und Lösungswege, wie Instandhaltungsdienstleistungen in Leistungsverzeichnissen und elektronischen Katalogen beschrieben und an vorhandene IT-Systeme angebunden werden [HMS+09, HW09, HW10a, HWR+10].

¹⁴ In Workshops wurden mit Projektpartnern und Spezialisten aus den Bereichen Beschaffung und Vertrieb Ideen und Konzepte für die elektronische Beschaffung von industriellen Dienstleistungen diskutiert, entwickelt und validiert. Das FZI Forschungszentrum Informatik war Koordinator des Forschungsprojekts *eBusInstand* unter der maßgeblichen Beteiligung des Autors.

¹⁵ Die *Aktionsforschung* eignet sich zur Untersuchung anwendungsorientierter Forschungsfragen [CH98]. Sie bietet sich nach [FI01] für Forschungsarbeiten an, deren Ziel es ist, Orientierungshilfen zu gewinnen, Handlungsanweisungen zur Gestaltung von IT-gestützten Geschäftsbeziehungen abzuleiten und für das Geschäftsprozessmanagement zu nutzen.

¹⁶ Die *Fallstudienforschung* dient dem Erkenntnisgewinn durch die Untersuchung von Phänomenen im sozialen betrieblichen Kontext. Dabei kommen Methoden wie Interviews, Dokumentenanalysen und Beobachtungen zum Einsatz [Yi94].

- **Entwurf eines Referenzprozessmodells zur Standardisierung von betrieblichen Abläufen in der Dienstleistungsbeschaffung** [HW09, HWR+10]. Das Referenzprozessmodell soll als ein formales Modell betriebliche Abläufe in bilateralen Kollaborationsstrukturen von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern abbilden. Es soll als systematisches Prozessrahmenwerk dienen und unternehmensübergreifende und unternehmensinterne Abläufe, Schnittstellen sowie den Datenaustausch abbilden. Das Referenzprozessmodell soll einerseits eine Klasse an Geschäftsprozessmodellen mit ähnlichen Eigenschaften beschreiben und dabei Best Practices als Ausgangslösung und zur Orientierung der Prozessgestaltung aus der betrieblichen Praxis zusammenfassen. Andererseits soll es als *Informationsmodell* eine abstrahierende und allgemeingültige Beschreibung von Organisationsstrukturen, Geschäftsprozessen und Daten in strukturierter, komprimierter und konsistenter Form darstellen. Es soll unabhängig von einem Einzelfall eine generische Lösung für die Prozessgestaltung in der Dienstleistungsbeschaffung dokumentieren. Das Referenzprozessmodell soll als ein prozessbasiertes Metamodell definiert werden. Geschäftsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung sollen sich als Geschäftsprozessinstanzen ausgehend vom Referenzprozessmodell ableiten und beschreiben lassen.
- **Erweiterung eines Softwarewerkzeugs für die Modellierung und Analyse von Serviceprozessen und Serviceobjekten**. Das Modellierungswerkzeug soll Geschäftsprozesse und Prozessobjekte in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung modellieren und analysieren. Die Analyse soll auf der prozessbasierten Simulation erfolgen.
- **Entwurf einer Klassifikationsstruktur zur Harmonisierung von dienstleistungsorientierten Stammdaten (Service Master Data)** [HW10b]. Die Harmonisierung von Datenstrukturen soll auf der Entwicklung einer standardisierten Klassifikationsstruktur für industrielle Dienstleistungen am Beispiel der Instandhaltung basieren.
- **Entwicklung eines XML-basierten Datenaustauschformats zur Integration prozessorientierter Informationssysteme** [HSW11]. Das XML-basierte Datenaustauschformat soll der Beschreibung unternehmensinterner und unternehmensübergreifender Datenflüsse und Prozessschnittstellen dienstleistungsspezifischer Datenstrukturen dienen.

1.4 Domänenspezifisches Vorgehensmodell

Das *domänenspezifische Vorgehensmodell* definiert eine Vorgehensweise ausgehend von der Modellierung zur Implementierung von Geschäftsprozessen und Datenstrukturen für die Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung unter der systematischen Anwendung von Methoden, Modellen und E-Business-Lösungen [HW10b]. Die identifizierten Praxis- und Forschungsdefizite werden aufgegriffen und Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen für die Harmonisierung, Integration und Standardisierung von Geschäftsprozessen und Datenstrukturen entwickelt. Das domänenspezifische Vorgehensmodell bildet ein übergeordnetes Rahmenwerk für die

Ausgestaltung der Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme für die Dienstleistungsbeschaffung. Auf der Basis der entwickelten Ansätze werden inner- und überbetriebliche elektronische Geschäftsprozesse und Datenflüsse in *prozessorientierten Informationssystemen (POIS)* ausgestaltet. Das domänenspezifische Vorgehensmodell zeigt zum einen die strukturelle Abhängigkeit der entwickelten Ansätze auf in dieser Arbeit auf. Zum anderen wird die fachliche Abhängigkeit der Ansätze auf der Basis des Metamodells skizziert. Diese Ansätze werden durch das Vorgehensmodell (Abbildung 1) strukturiert dargestellt:

- Das mangelnde Verständnis der zugrunde liegenden Wirkungszusammenhänge der Daten- und Prozessebene sowie der Gestaltung integrierter Informationssysteme und die daraus resultierende Intransparenz werden durch die Entwicklung eines Metamodells verbessert. Die Definition von Anforderungen an Geschäftsprozesse, Daten, Organisationsstrukturen, Ressourcen sowie Administrationsstrukturen sowie die Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen und Daten auf der Modellebene in der Dienstleistungsbeschaffung werden aufgezeigt. Österle [Ös95a, Ös95b] und Höning [Hö09] betrachten auf der *Organisationsebene* Geschäftsprozesse und auf der *Systemebene* Datenstrukturen und Informationssysteme. Auf der Organisationsebene wird zwischen der *Aufbauorganisation* (organisatorische Strukturen) und der *Ablauforganisation* (Geschäftsprozesse) als statische und dynamische Integrationsgegenstände unterschieden. Die Systemebene wird in die *Anwendungsebene* und in die *Datenebene* unterteilt [Sc05a].
- Die präzise, adäquate Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten wird durch eine domänenspezifische, integrierte Modellierungsmethode unterstützt. Sie greift domänenspezifische Modellierungsartefakte auf, unterstützt die hierarchische, modulare und kollaborative Modellierung von Geschäftsprozessen sowie die verteilte Modellierung und die Modellierung von Datenflüssen durch Prozessobjekte.
- Durch ein Referenzprozessmodell werden die uneinheitlich ausgestalteten, betrieblichen Prozessabläufe und Datenflüsse in überbetrieblichen Wertschöpfungsnetzwerken der industriellen Dienstleistungsbeschaffung harmonisiert und integriert. Das Referenzprozessmodell bildet ein einheitliches Prozessrahmenwerk und dient als Informationsmodell zur Entwicklung und Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme.
- Die Entwicklung von neuen E-Business-Lösungen schafft die Voraussetzung für die Verwendung harmonisierter Datenaustauschformate, fördert die Automatisierung von Geschäftsprozessen und führt zu einer Verbesserung der Integration prozessorientierter Informationssysteme. Harmonisierte Beschreibungen von dienstleistungsspezifischen Datenstrukturen vermeiden hohe Abstimmungsaufwände und Prozessiterationen zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern.

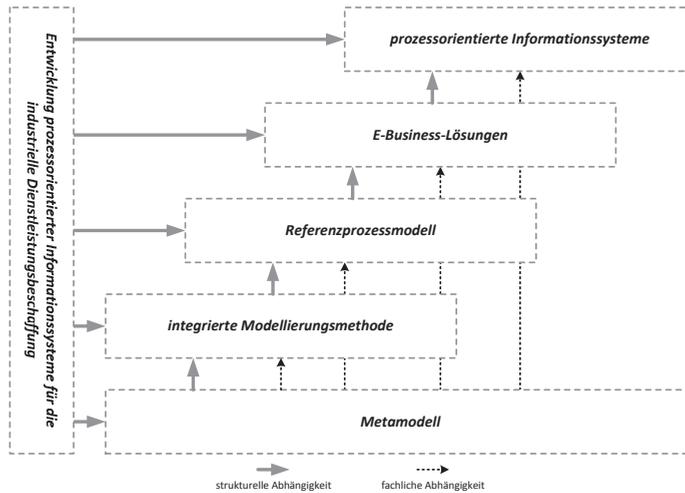


Abbildung 1: Domänenspezifisches Vorgehensmodell

1.5 Struktur der Arbeit

Die vorliegende Arbeit besteht insgesamt aus zehn Kapiteln. In den Kapiteln 2, 3 und 4 werden thematisch orientiert die Grundlagen für die Entwicklung der Inhalte beschrieben. Die Kapitel 5, 6, 7, 8 und 9 bilden als Hauptteile den Kern der Arbeit.

Das Kapitel 2 führt in die Grundlagen der Gestaltung von prozessorientierten Informationssystemen ein. Die Grundlagen des Geschäftsprozessmanagements und des Informationsmanagements [He09, HS09, Kr10] stehen im Mittelpunkt. Das Geschäftsprozessmanagement wird begründet und es wird in die Grundlagen von Geschäftsprozessmodellen, Geschäftsprozessen und Prozessobjekten vorgestellt. Es schließt sich ein Überblick über die Grundlagen des Informationsmanagements und Informationssysteme an. Die Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen, Daten und Anwendungen werden dargestellt.

Das Kapitel 3 führt in die Grundlagen der Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten ein. Die *Modellierung* von Metamodellen, Geschäftsprozessmodellen und Informationsmodellen werden erläutert. Die Grundlagen für die Entwicklung von domänenspezifischen Metamodellen und einer domänenspezifischen Modellierungssprache [FP10, Se09a] werden vorgestellt. Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten werden aufgezeigt. Auf die Modellierung von Geschäftsprozessen mit einfachen und höheren Petri-Netzen wird ausführlich eingegangen. Im Fokus stehen *XML-Netze* [Le03a, LO03] als eine formale Modellierungssprache einer höheren Petri-Netz-Variante. Weitere Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen werden exemplarisch beschrieben und bewertet. Sprachen zur Modellierung von Prozessobjekten werden eingeführt. Die XML-basierte Prozessobjektmodellierung mit dem *XML-Schema-Modell (XSM)* [Le03a, LO01, LO03] wird dargestellt.

Das Kapitel 4 setzt sich mit der Systematisierung und Beschreibung von Dienstleistungen und der Dienstleistungsbeschaffung auseinander. Das Potenzial und der Stellenwert von industriellen Dienstleistungen in der betrieblichen Praxis werden skizziert und ihre Bedeutung und Wirksamkeit aufgezeigt. Die Eigenschaften von Dienstleistungen und die Diskussion über die Ansätze zur Systematisierung, Definition und Klassifikation von Dienstleistungen werden beschrieben. Im Weiteren werden industrielle Dienstleistungen als hybride Produkte systematisiert und charakterisiert. Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen als Ausprägung industrieller Dienstleistungen werden eingeführt. Wertschöpfungsprozesse von Dienstleistungen und Ausprägungen von Kollaborationsformen in Service Chains werden angeführt. Es werden die Grundlagen der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung eingeführt und E-Business-Standards zur Standardisierung in der Dienstleistungsbeschaffung vorgestellt und klassifiziert.

In Kapitel 5 werden das Metamodell *MSP* sowie die domänenspezifische Metamodellerweiterung *eMSP* entwickelt. Anforderungen aus der Prozess-, Daten-, Organisations-, Ressourcen- und Administrationssicht an das Metamodell und an die domänenspezifische Metamodellerweiterung werden definiert [HSW12a]. Das Metamodell legt die Konstrukte der Modellierungssprache (Objekte, Beziehungen, Bedingungen) fest. Dazu werden Sichten definiert, die durch Teilmodelle repräsentiert werden. Die domänenspezifische Erweiterung des Metamodells *eMSP* definiert erweiterte, domänenspezifische Anforderungen durch Erweiterungen einzelner Teilsichten [Be05, BG09, Kr05b]. *eMSP* dient der formalen Beschreibung von Anforderungen an Geschäftsprozesse und Datenstrukturen, für die Beschreibung der integrierten Modellierungsmethode *iServMod*, als Vorlage für den Entwurf des Referenzprozessmodells *RPSP* als Informationsmodell und der Entwicklung von E-Business-Lösungen für den Einsatz in prozessorientierten Informationssystemen. Für die Definition von *Serviceprozessen* und *Serviceobjekten* werden ablaufrelevante Geschäftsprozess- und Prozessobjekte identifiziert und abgeleitet.

In Kapitel 6 wird die integrierte Modellierungsmethode *iServMod* zur integrierten Servicemodellierung von Geschäftsprozessen (*Serviceprozessen*) und Prozessobjekten (*Serviceobjekten*) entwickelt. Die integrierte Modellierungsmethode dient der Harmonisierung und Integration von Serviceprozessen und Serviceobjekten auf der Modellierungsebene zur Unterstützung der Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen. Ein *evolutionäres Vorgehensmodell* für die integrierte Modellierungsmethode wird erstellt. Anforderungen an eine Sprache zur integrierten Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten werden formuliert. Petri-Netze [Re82, Re10a, St90] werden als grafische und formale Beschreibungssprache zur Prozessmodellierung genutzt. Für die Anwendung der integrierten Modellierungsmethode wird ein Vorgehensmodell definiert, das die Phasen *Modellierung*, *Modellanalyse* und *Implementierung* im Detail beschreibt. Serviceprozesse werden zunächst durch einfache Petri-Netze (S/T-Netze) informal bzw. semiformal modelliert. Die präzise Erfassung, die formale Modellierung und Integration von Geschäftsprozessen und Datenflüssen erfolgen durch höhere Petri-Netze (XML-Netze [Le03a, LO03]). Syntaktische Erweiterungen von einfachen und höheren Petri-Netz-basierten Geschäftsprozessmodellen werden entwickelt und *einfache Service-Netze* (*eSN*) und *höhere Service-Netze* (*hSN*) definiert. Die Modellierung von Serviceprozessen mit Web Services durch *Web Service-Netze* (*WSN*) [CLO+09, KM05, LO04] wird aufgezeigt.

Das Kapitel 7 führt in die Referenzmodellierung ein und das Referenzprozessmodell *RPSP* wird entworfen. Allgemeine und domänenspezifische Anforderungen an ein Referenzprozessmodell werden definiert. Die in der wissenschaftlichen Literatur existierenden Ansätze zu Referenzmodellen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung, Prozessphasen, Prozessschnittstellen und Prozessabläufe für Dienstleistungsbeschaffungstypen werden vorgestellt. Das Referenzprozessmodell für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung wird entwickelt. Es berücksichtigt die domänenspezifische Metamodellerweiterung *eMSP* und beschreibt ein Prozessrahmenwerk, das Referenzprozessbausteinen, Referenzprozessschnittstellen und Referenzdaten [HW09, HWR+10] enthält. Für die präzise Beschreibung, Modellierung und Analyse von Datenfluss- und Kontrollflussstrukturen von Serviceprozessen zur Ausgestaltung des Referenzprozessmodells ist die Verwendung der integrierten Modellierungsmethode unter der Verwendung einer formalen Prozessmodellierungssprache notwendig. Auf der Basis des Referenzprozessmodells werden einfache Service-Netze durch einfache Petri-Netze (S/T-Netze) repräsentiert und informal bzw. semiformal modelliert.

Das Kapitel 8 befasst sich mit der werkzeuggestützten Modellierung, Analyse und Simulation von Serviceprozessen. Qualitative und quantitative Analysemethoden zur Validierung und Verifikation von Serviceprozessmodellen werden begründet. Ein *iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation* wird vorgeschlagen. Ein prototypisches Softwarewerkzeug zur werkzeuggestützten Modellierung und Simulation von Serviceprozessen und Serviceobjekten wird eingeführt. Es unterstützt die Modellierungsmethode *iServMod* und bezieht ein *Modeling Service Repository* ein, das die modellierten Serviceprozessmodelle der definierten Modellierungsebenen des Referenzprozessmodells *RPSP* sowie modellierte Datenmodelle von Serviceobjekten vorhält. Die Simulationsexperimente von Serviceprozessen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden beschrieben und bewertet [HSW12b]. Die Modellierung, Analyse und Simulation dienen der vorbereiteten Umsetzung der Serviceprozesse in prozessorientierten Informationssystemen. Simulationsexperimente validieren Aussagen über das Leistungsverhalten von Serviceprozessen. Die Untersuchung des Verhaltens von Serviceprozessmodellen erfolgt über eine softwaregestützte Simulation von Serviceprozessmodellen.

In Kapitel 9 wird die Entwicklung von E-Business-Lösungen vorgenommen. Die Ziele der Entwicklung werden angeführt, existierende Defizite vergleichbarer Lösungen aufgezeigt und Anforderungen definiert. Die Harmonisierungslösung *Klassifikationsstruktur für industrielle Instandhaltungsdienstleistungen* und die Integrationslösung *eBusiness for Services-XML (eBuS-XML)* [HW10b, HSW11] werden vorgestellt. Sie basieren und orientieren sich an der *domänenspezifischen Metamodellerweiterung eMSP* sowie am *Referenzprozessmodell RPSP*. Prozessschnittstellen werden durch ein Containerformat (*eBuSxchange*) und durch Service-orientierte Schnittstellenbeschreibungen (*eBuScollab*) auf der Basis von *Web Service Definition Language (WSDL)*-Dokumenten [W3C07c] repräsentiert [HW10a, HW10b, HSW11]. Dokumentenschnittstellen (*eBuStrans*) und ein Katalogaustauschformat (*eBuScat*) werden beschrieben. Die technologische Anwendung und Bewertung der Harmonisierungs- und Integrationslösung erfolgt in Szenarien der betrieblichen Praxis durch prototypische Implementierungen. Eine quantitative Evaluierung der E-Business-Lösungen fand durch eine Gesamtbetrachtung der analysierten Anwendungsfälle

im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts statt. Kennzahlen wurden gemessen und bewertet. Die Messergebnisse werden detailliert vorgestellt.

In Kapitel 10 werden die vorangegangenen Kapitel zusammengefasst. Die gewonnenen Ergebnisse werden kritisch betrachtet. Ein Fazit aus den erreichten Forschungszielen wird gezogen. Ein Ausblick auf weiterführende, wissenschaftliche Fragestellungen wird gegeben.

2 Integration von prozessorientierten Informationssystemen

Das Kapitel „*Integration von prozessorientierten Informationssystemen*“ befasst sich mit den Grundlagen von Informationssystemen¹⁷. Im Fokus stehen die Themen Geschäftsprozessmanagement, Informationsmanagement, Informationssysteme sowie Integration zur Unterstützung der Beschaffung. In *Abschnitt 2.1* werden die Grundlagen des Geschäftsprozessmanagements vorgestellt und Geschäftsprozesse, Prozessobjekte und deren Eigenschaften angeführt. *Abschnitt 2.2* befasst sich mit dem Workflowmanagement. In *Abschnitt 2.3* wird das Serviceprozessmanagement eingeführt. Serviceprozesse und Serviceobjekte werden definiert. *Abschnitt 2.4* geht auf das Informationsmanagement ein. Es wird der Unterschied zwischen Informationen und Daten beschrieben und in das Service Master Data Management eingeführt. Die Grundlagen von Informationssystemen und Systemtypen von Informationssystemen behandelt *Abschnitt 2.5*. In *Abschnitt 2.6* werden die Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen, Daten und Anwendungen vorgestellt.

2.1 Geschäftsprozessmanagement

Der rasante und kontinuierliche Wandel von Unternehmen durch die Globalisierung und Technologisierung der Märkte schafft neue Geschäftsmodelle und Wettbewerbsverhältnisse. Produkte und Leistungen werden zunehmend differenziert und individualisiert, wodurch sich die Komplexität und der Variantenreichtum von Geschäftsprozessen erhöhen [Ga07]. Das *Geschäftsprozessmanagement* unterstützt Maßnahmen zur Durchführung, Steuerung und Kontrolle in betrieblichen und überbetrieblichen Wertschöpfungsketten in Unternehmen [Po96b]. Nach Gaitanides et al. [Ga07] ist das Geschäftsprozessmanagement ein ganzheitlicher organisatorischer Ansatz, der die Entwicklung, Effektivität und Effizienz im Sinne einer kundenorientierten Unternehmensführung gestaltet. Geschäftsprozessmanagement wird als Lösungsweg zur Reduktion von Effektivitäts- und Effizienzproblemen in Unternehmen angesehen [SS10]. Die Zielsetzungen des Geschäftsprozessmanagements reichen von der Dokumentation realer Geschäftsprozesse bis hin zur Analyse und Simulation der Geschäftsprozessmodelle.

Van der Aalst et al. [AH04] übertragen die Unterscheidung von Managementebenen auf das Geschäftsprozessmanagement. Das Geschäftsprozessmanagement lässt sich in ein *strategisches*, *taktisches* und *operatives Prozessmanagement* untergliedern. Die Prozessorientierung wird durch eine Ausrichtung der Unternehmungsorganisation an den Geschäftsprozessen bestimmt [Ga07]. Im Gegensatz zur *funktionsorientierten* Betrachtung von Unternehmen zeichnet sich die *prozessorientierte* Betrachtung dadurch aus, dass sie zwischen Aktivitäten bestehende inhaltliche Verflechtungen und Zusammenhänge über Organisationseinheiten hinweg berücksichtigt. Die kontinuierliche Anpassung von *Geschäftsprozessen* und den *internen Schnittstellen*, die Verknüpfung von internen Geschäftsprozessen und

¹⁷ Informationssysteme werden auch als (*betriebliche*) *Anwendungssysteme* bezeichnet.

den *externen Schnittstellen*, die Verknüpfung von überbetrieblichen Geschäftsprozessen und deren enge Verzahnung stellen das Ziel von prozessorientierten Unternehmen dar.

Die kontinuierliche Anpassung von Geschäftsprozessen ist dem sich ständig verändernden Domänenkontext durch interne Einflüsse geschuldet, so wie die Einführung neuer Informationssysteme, oder durch externe Einflüsse, wie die Anbindung neuer Geschäftspartner. Die Prozessorientierung fordert eine Abkehr von der Betrachtungsweise nur einzelner Unternehmensfunktionen zugunsten einer Verbesserung der gesamten betrieblichen Wertschöpfung. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Prozessorientierung in Organisationen zunehmend an Bedeutung [AHW03, Fl06, Ob96a]. Die prozessorientierte Sichtweise unterstützt Unternehmen dabei, sich auf wettbewerbskritische Erfolgsfaktoren hin auszurichten, um nachhaltig eine Verbesserung der Geschäftsprozesse in Bezug auf Kosten, Flexibilität und Leistungsfähigkeit zu erzielen. Aufgrund der technologischen Neuerungen ist die Informationstechnologie ein Treiber für die Unterstützung prozessorientierter Konzepte. Methoden der Prozessorientierung sind *Business Process Reengineering (BPR)* [HC93], *Business Process Management (BPM)*, *Business Process Engineering (BPE)* [Ös95b, Ös03], das *Total Quality Management (TQM)* [Fr94a] oder *Six Sigma* [Br03b].

2.1.1 Geschäftsprozesse

Ein *Geschäftsprozess* ist eine zweckorientierte, inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Verknüpfung von Aktivitäten zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlichen *Prozessobjekts* für die Erstellung einer betrieblichen Leistung. Es existiert eine Vielzahl an Definitionen [HC93, HC03, Ös95a, Sc02a] zur Beschreibung und Charakterisierung von Geschäftsprozessen. Insbesondere haben die Werke von Davenport, Hammer und Champy die Definition von Geschäftsprozessen geprägt [HC93, HC03]. Die Beschreibung und Definition von *Geschäftsprozessen* in dieser Arbeit orientieren sich an der Definition von Oberweis [Ob96a]:

Definition 2.1: *Geschäftsprozess*

Ein *Geschäftsprozess* ist die Menge von *manuellen, teil-automatisierten* oder *automatisierten* Aktivitäten in einem Unternehmen, die einem definierten Ziel folgen. Sie nutzen *personelle* und *nicht-personelle Ressourcen*.

Begriffe wie *Geschäftsvorgang*, *Prozess*, *betrieblicher Ablauf* und *Business Process* werden unter dem Oberbegriff *Geschäftsprozess* zusammengefasst. Geschäftsprozesse werden als größere Einheiten des Geschehens in einer Organisation verstanden und leisten einen wesentlichen Beitrag zum Geschäftserfolg. Das Ergebnis eines Geschäftsprozesses soll für einen Kunden einen Wert erzeugen. Anstehende Aufgaben in Geschäftsprozessen werden als zu erbringende Leistungen verstanden. Die Erfüllung einer Aufgabe ist die Ausführung einer oder mehrerer Aktivitäten. Sie werden durch *Aufgabenträger* ausgeführt und sind dadurch über Ressourcen verbunden. Die Ausführung von teil-automatisierten Aktivitäten benötigt personelle und nicht-personelle (maschinelle) Aufgabenträger. Eine Ausführung manueller Aktivitäten übernehmen personelle Aufgabenträger aus personellen Ressourcen.

Ein Geschäftsprozess wird durch eine zeitlogische Ordnung der Verrichtungen bestimmt und durch den Zeitverlauf, aus dem sich Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen ergeben. Geschäftsprozesse durchlaufen einen Lebenszyklus, in dem jede Aktivität zu jedem Zeitpunkt einen bestimmten Zustand annimmt. Diese Aktivitäten sind *kausal* angelegt, *schließen* sich gegenseitig *aus* oder werden *nebenläufig* ausgeführt. Die *zeitliche Komponente* ist eine wesentliche Eigenschaft von Geschäftsprozessen [Ob96a]. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aktivitäten besteht ein minimaler oder maximaler Zeitabstand. Die Ausführung eines Geschäftsprozesses an zwei geographisch unterschiedlichen Orten bildet einen *verteilten* Geschäftsprozess, innerhalb eines einzelnen Unternehmens einen *unternehmensinternen* Geschäftsprozess. Bei mindestens zwei beteiligten Unternehmen liegt ein *unternehmensübergreifender* Geschäftsprozess vor. Ein *kollaborativer* Geschäftsprozess verknüpft verteilt-verbundene Aktivitäten von unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen in Wertschöpfungsnetzwerken, die aus mindestens zwei Organisationseinheiten (Unternehmen) bestehen. Güter-, Informations- und Warenflüsse resultieren aus der Verknüpfung von Geschäftsprozessen.

Teilprozesse oder Aktivitäten werden durch eine *Geschäftsprozesshierarchie* definiert, die die Grundlage für eine systematische und übersichtliche Vorgehensweise zur Modellierung von Geschäftsprozessen und Teilprozessen liefert [SS08]. Je nach Umfang des betrachteten Geschäftsprozesses wird eine Verfeinerung über mehrere Stufen hinweg vorgenommen, bis sie nicht weiter möglich oder betriebswirtschaftlich sinnvoll ist und die elementaren Aktivitäten erreicht sind. Eine Geschäftsprozesshierarchie unterstützt die Modellierung auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus. *Mess-* und *Kontrollpunkte* zwischen Prozessabschnitten dienen der Erfassung von Daten und Informationen. Messpunkte liefern die Spezifikationen, an welchen Stellen im Geschäftsprozess welche Informationen erhoben oder ausgelesen werden, und zeitliche Informationen, wann diese Daten zu Teilprozessen erfasst werden [Kr05b]. Die Hierarchisierung von Geschäftsprozessen stellt die Leistung der Mess- und Kontrollpunkte zur Spezifikation von Schnittstellen in Geschäftsprozessen heraus. In Abbildung 2 lässt sich der kollaborative Teilprozess TP_2 weiter verfeinern in die Aktivität A_{2-1} , A_{2-2} , A_{2-3} und Aktivität A_{2-4} . Im Rahmen des Geschäftsprozessmodells sind die Output-Prozessobjekte der Aktivitäten A_{2-2} und A_{2-4} über die verschiedenen Verfeinerungsebenen der Geschäftsprozesshierarchie hinweg gleichzeitig das Output-Prozessobjekt des gesamten Geschäftsprozesses. Durch eine verteilte Ausführung von verbundenen Aktivitäten in Geschäftsprozessen, in *kollaborativen Geschäftsprozessen*, wird in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung ein zusätzlicher Mehrwert geschaffen. Ein kollaborativer Geschäftsprozess wird in mehrere Teilprozesse gegliedert, in denen jeder Teil eine oder mehrere Aktivitäten ausführt, die mit einem Unternehmen verbunden sind. Jeder Prozesspartner hat einen eigenen *lokalen Geschäftsprozess*, den *privaten Geschäftsprozess*. Ein lokaler Geschäftsprozess besitzt eine wohldefinierte Schnittstelle und kommuniziert über Nachrichtenaustausch mit anderen lokalen Geschäftsprozessen, die einen überbetrieblichen Geschäftsprozess bestimmen. Der *globale Geschäftsprozess* besteht aus lokalen Geschäftsprozessen und Interaktionsstrukturen. Die Interaktion wird durch einen synchronen oder asynchronen Nachrichtenaustausch gesteuert [Aa00a].

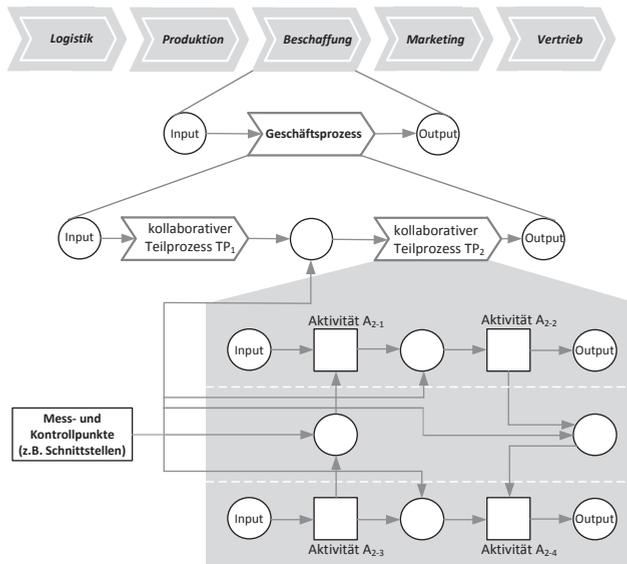


Abbildung 2: Geschäftsprozessmodell mit verfeinerten Teilprozessen (in Anlehnung an [Ba10])

Eine Ausführung von kollaborativen Geschäftsprozessen in Informationssystemen erzeugt einen hohen Koordinationsaufwand durch Schnittstellen [SS07], an denen Reibungsverluste entstehen. Einzelne Aktivitäten eines Geschäftsprozesses werden von korrespondierenden Diensten oder Transaktionen unterstützt durch die Spezifikation von Aktivitäten mit allen erforderlichen technischen Attributen, wie etwa dem zuständigen Service sowie ein- und ausgehenden Nachrichten etc.. Konzepte der fachlichen Ebene wie Funktionen, Organisationseinheiten und Ressourcen sind für die technische Ebene wie Daten, Dienste, Transaktionen und Schnittstellen zu übersetzen.

Mögliche *Ausnahmesituationen* (*Fehlerzustände*, *Exceptions*) während der Ausführung eines betrieblichen Ablaufs, z. B. die Störung einer Maschine oder das Fehlen eines Betriebsmittels, sind durch *Ausnahmebehandlungsmechanismen* (*Exception-Handling-Mechanismen*) definiert [Ob96a]. In der Praxis treten durchaus auch unvorhergesehene Fehlersituationen auf, sodass eine Fortsetzung des betroffenen betrieblichen Ablaufs undefiniert ist und eine Entscheidung darüber von Fall zu Fall getroffen wird.

Es lassen sich verschiedene Typen von Geschäftsprozessen unterscheiden. Geschäftsprozesse werden in *strukturierte* Geschäftsprozesse (Routineprozesse), *unstrukturierte* Geschäftsprozesse (Ad-hoc-Geschäftsprozesse) und *teilstrukturierte* Geschäftsprozesse [Ob96a] eingeteilt. *Informations- und Kommunikationsprozesse*¹⁸ sind administrativ-kaufmännische und technisch-operative Aktivitäten von internen und externen Geschäftseinheiten entlang der Wertschöpfungskette, die einen Informationsfluss beschreiben. Sie dienen dem Austausch und der Verarbeitung von Informationen. *Materielle Prozesse* führen die physische Transformation real existierender Güter durch [SZ10]. *Primäre Ge-*

¹⁸ Unter betrieblichen *Informations- und Kommunikationsprozessen* sind Interaktionen zwischen menschlichen und/oder technischen Akteuren zu verstehen, die das Ziel haben, betrieblich relevante Informationen auszutauschen und eine Verständigung über sie zu erzielen [Ko10a].

schäftsprozesse oder Primärprozesse, die *Leistungs-* oder *Produktionsprozesse* [AH04], sind direkt mit dem Güterstrom verbunden und bestehen aus der physischen Herstellung, dem Verkauf und der Übermittlung eines Produktes an den Kunden sowie aus dem Kundendienst. Sie stellen die Produkte oder Dienstleistungen bereit, sind kundenorientiert und erzeugen Einkünfte für Unternehmen. *Sekundäre Geschäftsprozesse* bzw. *Unterstützungsprozesse* [AH04] wirken auf primäre Geschäftsprozesse ein. Sie umfassen die Beschaffung, Technologieentwicklung, Forschung und Entwicklung, Personalwirtschaft sowie die Unternehmensinfrastruktur. Als Bereitstellungs-/Unterstützungsprozesse dienen sie nicht der Leistungserbringung, sondern dem reibungslosen Ablauf der primären Geschäftsprozesse, der Aufrechterhaltung der Produktion sowie dem Personalmanagement. Aus Sicht der ausführenden Organisationseinheit werden sekundäre Geschäftsprozesse auch als Primärprozesse gesehen. *Tertiäre Geschäftsprozesse* bzw. *Leistungsprozesse* oder *Managementprozesse* [AH04] dirigieren bzw. koordinieren die primären sowie sekundären Prozesse und dienen dem Management. Zielvorgaben und Vorbedingungen werden formuliert und benötigte Ressourcen bereitgestellt. Managementprozesse umfassen auch die Verwaltung von Verträgen mit anderen Akteuren.

2.1.2 Prozessobjekte

Es sind *statische* (objektbezogene) und *dynamische* (aktivitätsbezogene) Komponenten von Geschäftsprozessen zu unterscheiden [Ob96a]. *Statische (objektbezogene)* Komponenten repräsentieren Objekte wie Personen bzw. Ressourcen und weisen bestimmte Eigenschaften auf. Objekte und ihre Eigenschaften werden in dieser Arbeit als *Prozessobjekte* bezeichnet. *Prozessobjekte* werden in Anlehnung an Oberweis [Ob96a] wie folgt definiert:

Definition 2.2: *Prozessobjekt*

Ein *Prozessobjekt* stellt den Input oder Output von Aktivitäten in einem Geschäftsprozess dar. Die differenzierte Betrachtung von Prozessobjekten unterscheidet zwischen *elementaren* und *komplexen* Prozessobjekten. *Elementare* Prozessobjekte repräsentieren unteilbare semantische Einheiten. *Komplexe* Prozessobjekte werden aus elementaren Prozessobjekten zusammengesetzt.

Dynamische bzw. *aktivitätsbezogene* Komponenten stellen manuelle, (teil-)automatisiert Aktivitäten in einem Geschäftsprozess dar. Subjekte sind Kunden und Lieferanten, die den Ursprung und die Bestimmung des Objektes determinieren. Geschäftsprozesse bearbeiten Objekte. Objekte können Informationsobjekte, Bestellungen, Aufträge, Lieferschein etc., und auch Materialien, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, sein, die *transformiert* und/oder verbraucht werden. Die Gesamtheit aller Eigenschaften eines Objektes zu einem bestimmten Zeitpunkt definiert einen *Zustand* des Objektes. Dynamische Aspekte betreffen die Änderungen einer Eigenschaft oder mehrerer Eigenschaften eines Objekts oder mehrerer Objekte durch Aktivitäten. Die sachlogischen Zusammenhänge bei der Transformation von Objekten bilden die Grundlage der Geschäftsprozesse (siehe Abbildung 3) zwischen einem Dienstleistungsanbieter und einem Dienstleistungsnachfrager. Prozessobjekte bilden ein zentrales Element im Geschäftsprozessmanagement und stellen den Input oder Output von Aktivitäten in Geschäftsprozessen dar. Prozessobjekten wird eine Verfügbarkeitsdauer, ein

Zeitstempel oder eine Laufzeit zugewiesen. Es wird zwischen *Input-Prozessobjekten*, *Output-Prozessobjekten* und *internen Prozessobjekten* differenziert. Input-Prozessobjekte werden dem Geschäftsprozess zugeführt, durch Aktivitäten erzeugt, verbraucht, gelesen oder abgelegt. Output-Prozessobjekte stellen das Ergebnis des Geschäftsprozesses dar. Aktivitätsbezogene Komponenten realisieren die Transformation von Eigenschaften der Prozessobjekte. Den Prozessbeginn eines Geschäftsprozesses löst ein Input-Prozessobjekt, ein „Trigger“, aus. Ein spezifizierter Endzustand definiert das Prozessende. Interne Prozessobjekte werden innerhalb eines Geschäftsprozesses transformiert, verbraucht, gelesen oder abgelegt. Ein Prozessobjekt kann *elementar* oder *komplex* sein. Komplexe Prozessobjekte repräsentieren bspw. Kundenaufträge oder aggregierte Datenstrukturen. Die Gesamtheit aller Eigenschaften eines Objekts zu einem bestimmten Zeitpunkt definiert den Zustand des Prozessobjekts.

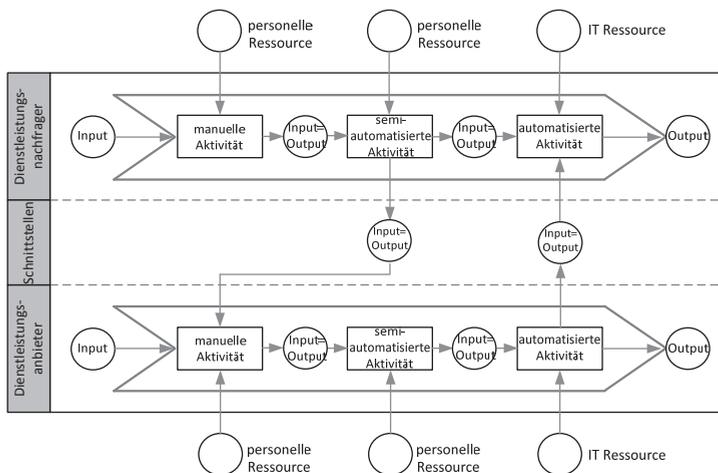


Abbildung 3: Geschäftsprozess mit Transformation von Prozessinput in Prozessoutput (in Anlehnung an [Ba10])

2.2 Workflowmanagement

Das Management von Geschäftsprozessen wird als ein integriertes Konzept des Geschäftsprozess- und des *Workflowmanagements* eingeordnet [GG99]. Doch sie sind begrifflich voneinander abzugrenzen. Ein *Workflow* ist ein Teil eines Geschäftsprozesses, der IT-gestützt durch ein System der elektronischen Datenverarbeitung ausgeführt und gesteuert wird [AH04, MH08, RS04a]. Er ist ein ganz oder teilweise automatisierter Geschäftsprozess, der Dokumente, Informationen oder Aufgaben von einem Teilnehmer an einen anderen zur Ausführung mit einer Menge an prozeduralen Regeln übergibt [WfMC99]. Die Automatisierung von Geschäftsprozessen als Workflows hat einen großen Einfluss auf die Gestaltung betrieblicher Informationssysteme [Aa00a, Aa99b]. Das Geschäftsprozessmanagement betrachtet die konzeptuelle analytische Prozessebene. Das Workflowmanagement beschäftigt sich mit der Unterstützung der operativen Ebene, der Ausführungsebene, mit Hilfe von Informationssystemen. Geschäftsprozessmodelle, bei denen Fragestellungen technischer Art wie Entwurfsaspekte, verteilte Architekturen oder Schnittstellen im Vor-

dergrund stehen, werden dem Bereich des Workflowmanagements zugewiesen. *Workflowmodelle* sind Blueprints für implementierte Geschäftsprozesse in Workflow Management Systemen. Workflowmodelle stehen strikt im Einklang mit Geschäftsprozessmodellen, die die operationalen Geschäftsprozesse erfassen und sie um technische Informationen zur automatisierten Ausführung anreichern. Im Rahmen dieser Arbeit werden (semi-) automatisierte Geschäftsprozesse bzw. Workflows als *elektronische Geschäftsprozesse* bezeichnet¹⁹:

Definition 2.3: *elektronischer Geschäftsprozess*

Ein *elektronischer Geschäftsprozess* ist ein *semi-automatisierter* oder *automatisierter* Geschäftsprozess. Er unterstützt den Kommunikations- und Informationsaustausch innerhalb der Informationssysteme und zwischen ihnen. Zur Ausführung von automatisierten Aktivitäten sind ausschließlich maschinelle Aufgabenträger ohne menschliche Interaktion notwendig.

Begriffe wie *E-Business Prozess* und *Workflow* werden hier unter dem Oberbegriff elektronischer Geschäftsprozess zusammengefasst. Ein elektronischer Geschäftsprozess ist eine Ausprägung eines Geschäftsprozesses. Im Zuge der überbetrieblichen Kollaboration von Unternehmen und der damit verbundenen Integration von Geschäftsprozessen erhalten überbetriebliche elektronische Geschäftsprozesse (Workflows) einen großen Zuwachs²⁰. Die Workflowlogik spezifiziert die Reihenfolge von Aktivitäten. Das Ziel des Workflowmanagements ist die Sicherstellung der Ausführung der bestimmten Aktivitäten durch die benannten Menschen zur gewählten Zeit [AH04]. Die informationstechnische Unterstützung des Geschäftsprozessmanagements hat die Integration der fachlichen-organisatorischen und informationstechnischen Ebene zum Ziel, um fachliche Geschäftsprozessmodelle direkt technisch zu implementieren [Ob96a]. Das Workflowmanagement umfasst alle Aufgaben, die der Modellierung, Spezifikation und Simulation sowie für die Ausführung und Steuerung von Workflows dienen [AS11]. Infolge einer Geschäftsprozessmodellierung wird eine Automatisierung bzw. eine weitgehend rechnerbasierte Unterstützung der modellierten Vorgänge erstellt. Für die Planung, Überwachung und Bewertung von Daten, die während der Prozessausführung gesammelt werden, kommen Methoden des Workflowmanagements zum Einsatz [Ob96a]. Modellerte Geschäftsprozesse können durch *Workflow Management Systeme (WfMS)* (siehe Abschnitt 2.5) informationstechnisch unterstützt und ausgeführt werden. Mit der Einführung von Workflowmanagement verbinden sich allgemein die folgenden Ziele [AH04, RS04a, JBS97, Mü05]:

¹⁹ Diese Definition orientiert sich an der OECD, die unter E-Business „*automatisierte Geschäftsprozesse (sowohl innerhalb einer Firma als auch zwischen Firmen) über computergestützte Netzwerke*“ versteht [OECD05]. Nach dieser Definition geht E-Business über das reine E-Commerce hinaus, das sich lediglich auf externe Transaktionen eines Unternehmens mit anderen Unternehmen bezieht. E-Business bezieht sich sowohl auf unternehmensinterne als auch auf unternehmensexterne Prozesse.

²⁰ Van der Aalst [Aa99c] sieht die Mechanismen *capacity sharing* (Ausführung von Tasks durch Ressourcen), *chained execution* (Ausführung von Phasen und Tasks durch Partner), *subcontracting* (Unterbeauftragung), *case transfer* (Transfer von Geschäftsvorfällen von Partnern) und *loosely coupled* (lose Kopplung von Workflows) als wichtige Elemente für die Ausführung und die Sicherung der Interoperabilität überbetrieblicher Workflows im Kontext von B2B-Transaktionen im E-Business.

- Verbesserung der Qualität von Geschäftsprozessen
- Vereinheitlichung der Geschäftsprozesse
- Reduktion von Bearbeitungszeiten und Kosten
- Erhöhung der Transparenz der Prozesse und der Informationsverfügbarkeit
- Vermeidung von Medienbrüchen
- Steigerung der Flexibilität der Geschäftsprozesse

2.3 Serviceprozessmanagement

Die Hauptaufgabe des *Serviceprozessmanagements* liegt in der Durchführung, Planung, Steuerung, Analyse und Kontrolle der Geschäftsprozesse in betrieblichen und überbetrieblichen Wertschöpfungsketten im Bereich des Dienstleistungsmanagements. Das Geschäftsprozessmanagement erfährt in der wissenschaftlichen Literatur seit Jahren eine starke Aufmerksamkeit durch eine Vielzahl an Publikationen [AS11, SS10, SVO+11]. Diese Abhandlungen sind allerdings nur selten mit einem spezifischen Fokus auf Dienstleistungen gerichtet [Re04, Sc97a]. Für das Serviceprozessmanagement ergeben sich nach Legner [Le05] folgende Potenziale:

- Effizienzsteigerung in Geschäftsprozessen durch Entlastung von menschlichen Ressourcen in Routinetätigkeiten
- Die Verringerung der Reaktionszeiten bei auftretenden Störungen und Beschleunigung der Problembhebung durch Informationsaustausch
- Die Realisierung integrierter Abläufe, die sämtliche Einheiten im Wertschöpfungsnetzwerk umfassen und mit den Kundenprozessen vernetzt sind

Engelhardt und Reckenfelderbäumer [ER06] identifizieren für das Serviceprozessmanagement die vier zentralen Elemente *Unternehmensanalyse*, *Prozessidentifikation*, *Prozessgestaltung* und *Prozessimplementierung*:

- *Unternehmensanalyse*: Im Rahmen einer *Unternehmensanalyse* wird eine allgemeine Bestandsaufnahme im Hinblick auf Marktstellung des Unternehmens sowie voraussichtliche und gewünschte Entwicklungen vorgenommen. Das Ziel ist die Aufdeckung von Stärken und Schwächen des Unternehmens, um zu einer umfassenden Informationsbasis für die Ableitung des Handlungsbedarfs zu gelangen.
- *Prozessidentifikation*: Die *Prozessidentifikation* bildet die Voraussetzung für die sich daran anschließenden, gestaltenden Maßnahmen. Im Bereich der Prozessidentifikation wird das gesamte Geschehen in der Unternehmung nach Abläufen gegliedert, um Geschäftsprozesse, Teilprozesse und einzelne Aktivitäten abzubilden. Innerhalb der Prozesse ergeben sich bei der Überschreitung von Abteilungs- und Bereichsgrenzen Schnittstellen, die kenntlich zu machen sind, um sie gezielt gestalten zu können. Relevante Inputs und Outputs werden definiert und mit allen Geschäftsprozessen und Teilprozessen verbunden.
- *Prozessgestaltung*: Für die Prozessgestaltung bieten sich die Optionen Verbesserung, Elimination, Änderung der Reihenfolge, Hinzufügen, Verschmelzung, Automatisierung und Parallelisierung von Prozessen, Teilprozessen und einzelnen oder kombinierten Aktivitäten an.

- *Prozessimplementierung*: Die *Prozessimplementierung* sieht vor, Prozesse in der Unternehmensstruktur organisatorisch zu berücksichtigen. Für jeden Prozess sind Prozessverantwortliche zu benennen. Das kontinuierliche Monitoring der implementierten Prozesse sorgt für eine kontinuierliche Verbesserung der Prozesse bei Bedarf durch gestaltende und implementierende Maßnahmen.

2.3.1 Serviceprozesse

Inner- und überbetriebliche Geschäftsprozesse in dienstleistungsorientierten, industriellen Wertschöpfungsnetzwerken mit Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern werden in dieser Arbeit als *Serviceprozesse* bezeichnet. Für diese Arbeit gilt die folgende Definition eines *Serviceprozesses*:

Definition 2.4: *Serviceprozess*

Ein *Serviceprozess* ist ein kollaborativer Geschäftsprozess in dienstleistungsorientierten Wertschöpfungsnetzwerken. Er beschreibt Aktivitäten zur Bestimmung des inner- und überbetrieblichen Datenflusses zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern mit dem Ziel, Dienstleistungen administrativ zu unterstützen. Ein Serviceprozess ist eine Ausprägung eines Geschäftsprozesses (Definition 2.1).

Er beschreibt kollaborative Geschäftsprozesse und Schnittstellen der elektronischen, administrativen Abwicklung von dienstleistungsorientierten Aktivitäten, die der Ausführung von Dienstleistungen vor- oder nachgelagert sind oder parallel ausgeführt werden. Im Kontext dieser Arbeit werden Serviceprozesse als Wertschöpfungsprozesse am Beispiel der industriellen Dienstleistungsbeschaffung betrachtet. Die elektronische administrative Abwicklung von dienstleistungsorientierten Beschaffungsaktivitäten folgt Workflows und der Handhabung von Workflows durch Workflowmanagementsysteme (WfMS) [Ob96a]. Sie werden als Informations- und Kommunikationsprozesse betrachtet. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht dienen Informationen bzw. Daten der Koordination wertschöpfender Aktivitäten und gehen daher als Einsatzgüter, als Produktionsfaktoren (aus ressourcenorientierter Sichtweise) [GL10], in den Wertschöpfungsprozess ein. Informationen übernehmen die Aufgabe, die Geschäftsprozesse zu koordinieren und zu unterstützen [Le09]. Serviceprozesse stehen der Modellierung von *produzierenden Workflows*, *administrativen Workflows* und *kollaborativen Workflows* [A100]²¹ zur Verfügung.

²¹ Van der Aalst [Aa98a, A100] klassifiziert Workflows nach den Ausprägungen als produzierende Workflows, administrative Workflows, kollaborative Workflows und ad-hoc Workflows. *Produzierende Workflows* unterstützen die Bearbeitung und Durchführung von Geschäftsprozessen mit dem Ziel der Verbesserung von Geschäftsprozessen und der kontinuierlichen Automatisierung. Administrative Workflows unterstützen Routineabläufe. *Kollaborative Workflows* dienen der Zusammenarbeit von Teams. *Ad-hoc Workflows* [RRD03] unterstützen die schnelle und flexible Änderung von Geschäftsprozessdefinitionen.

2.3.2 Serviceobjekte

Serviceobjekte sind identifizierte Datenobjekte, die zentrale Stammdaten und Bewegungsdaten abbilden. Dazu zählen Informationen über Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten, Material, Betriebsmittel, Leistungen, Quantitäten und Geschäftsdokumente. Im Zusammenhang mit der industriellen Dienstleistungsbeschaffung sind Serviceobjekte zur Unterstützung der Wiederverwendung in Prozessmodellen abzubilden. Die Arbeit definiert *Serviceobjekte* unter Berücksichtigung vorgestellter Merkmale von Oberweis [Ob96a] und Neumann et al. [NSB01]:

Definition 2.5: *Serviceobjekt*

Ein *Serviceobjekt* ist ein Spezialfall eines Prozessobjekts im Bereich von Serviceprozessen. Es ist ein betriebswirtschaftlich relevantes Datenobjekt, mit dessen Instanziierung seine Ausführung als elektronischer Geschäftsprozess (Workflow) gestartet wird. So bildet ein Serviceobjekt den Datenfluss im dienstleistungsbasierten E-Business ab und unterstützt besonders die elektronische Abbildung von Datenobjekten für semi-automatisierte und automatisierte Serviceprozesse. Ausprägungen von Serviceobjekten sind Datenobjekte und Dokumententypen. Ein Serviceobjekt ist eine Ausprägung eines Prozessobjekts (Definition 2.2).

2.4 Informationsmanagement

Inner- und überbetriebliche Geschäftsprozesse bestimmen die Ausrichtung der Unternehmensorganisation und der Informationsinfrastruktur. *Informationsmanagement* im betriebswirtschaftlichen Kontext wird in der Literatur als Planen, Gestalten, Überwachen und Steuern von Informationen und Kommunikation zur Erreichung der strategischen Unternehmensziele bezeichnet [PMK04, SH05]. Es ist das Ziel des Informationsmanagements, eine Informationsinfrastruktur aufzubauen und so zu gestalten und zu nutzen, dass eine optimale Unterstützung der Informationsfunktion ermöglicht und ein optimaler Beitrag zum Unternehmenserfolg geleistet wird. Die Gesamtheit von Methoden, Techniken und Werkzeugen und ihre Anwendung zur unternehmensweiten Planung, Analyse, zum Entwurf und zur Umsetzung von Informationssystemen wird *Information Engineering* bezeichnet [He09]. Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz für das Informationsmanagement steht in Anlehnung an das *prozessorientierte Informationsmanagement* [Kr10]. Die Ausrichtung der Unternehmensorganisation und der Informationsinfrastruktur orientieren sich an den Geschäftsprozessen. Das Informationsmanagement umfasst die Integration und Verarbeitung von Informationen verschiedener Unternehmensbereiche (intern) und unternehmensübergreifende Bereiche (extern) von Partnerunternehmen. Durch die Nutzung, Planung und Steuerung von externen und internen Informationsressourcen stellt sie die Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren sicher und deckt die Nachfrage nach Information. Das Informationsmanagement dient der Schaffung und Pflege der inner- und außerbetrieblichen Einrichtungen zur Informationsversorgung (*Informationssysteme*). Das *prozessorientierte Informationsmanagement* befasst sich mit *Information, Daten, System* und *Informationssystem*.

2.4.1 Informationen und Daten

Die Semiotik wird als Grundlage des Informationsbegriffs und der Abgrenzung von Daten und Information gesehen. Sie befasst sich mit Kommunikationsvorgängen. Das Grundelement der Kommunikation stellt das Zeichen dar, das als wahrnehmbarer und unterscheidbarer Hinweis verstanden wird. Von der Semiotik ausgehend werden weitere Ebenen unterschieden: die Ebene der *Syntax*, der *Semantik* und der *Pragmatik* [Kr09]. Die syntaktische Ebene bezeichnet die formale Ordnung der Zeichen in Strukturen und Zeichenformen eines Zeichensystems. Sie beschreibt Regeln, wie beispielsweise Zeichen ein zusammengesetztes Datum bei Stammdaten erstellen. In Informationssystemen konstituiert die Syntax den technischen Austausch von Daten im Rahmen der Kommunikation. Die semantische Ebene beschreibt die Bedeutung der Zeichen. In Informationssystemen wird sie als ein einheitliches Verständnis über ausgetauschte Daten verstanden. Die pragmatische Ebene führt die Beziehung des Zeichens zum Nutzer aus. Nach Schulte-Zurhausen [SZ10] stellen Daten Informationen in maschinell verarbeitbarer Form dar. Betriebliche Informationen²² repräsentieren relevantes Wissen im Leistungserstellungsprozess eines Unternehmens. Die Information verknüpft andere Faktoren zweckmäßig zu intentionalen Leistungserstellung [SZ10]. Informationen werden zwischen unterschiedlichen IT-Systemen übergeben, indem sie durch Zeichen dargestellt, der Datenebene zugeordnet und auf sie übertragen werden [Kr10].

2.4.2 Service Master Data Management

Das *Stammdatenmanagement* (*Master Data Management (MDM)*) bezeichnet eine zentrale, qualitätsgesicherte Verwaltung von Stammdaten. Das Ziel ist die Gewährleistung der system- und anwendungsübergreifenden Integrität und Konsistenz. Das Stammdatenmanagement umfasst technische Komponenten sowie eine Sammlung von Best Practices [ABE+09]. Es gewinnt aufgrund der Nutzung betrieblicher Informationssysteme in Unternehmen eine hohe Bedeutung und trägt zur unternehmensweiten Integration von Geschäftsprozessen bei [LO07]. Stammdaten können auch innerhalb eines Unternehmens über mehrere IT-Systeme verteilt sein. Die Beschreibung und die Spezifikation von Stammdaten industrieller Dienstleistungen sind komplex: Materialstammdaten von Industriegütern wie Materialien und Anlagen werden mit Leistungsstammdaten in Beziehung gesetzt. Produktstammdaten bilden eine wesentliche Grundlage für die Automatisierung. Werden die erforderlichen Daten unstrukturiert und die Dokumente in Papierform ausgetauscht, weisen die Abläufe zahlreiche Medienbrüche auf. In der Folge treten manuelle Mehrfacherfassungen von Daten und lange Durchlaufzeiten auf [Le05]. Die Abbildung 4 verdeutlicht, wie Datenstrukturen und Datenarten miteinander in Beziehung gesetzt werden.

²² Nach der DIN Norm 66001 [DIN83] sind *Informationen* übermitteltes, angeeignetes und in Form gebrachtes Wissen, aber auch ein Ablauf oder Ereignis (vorgangsartig). Informationen werden als zweckorientierte Wissen verstanden, um den Kenntnisstand eines Informationsbenutzers zu erweitern [Kr10].

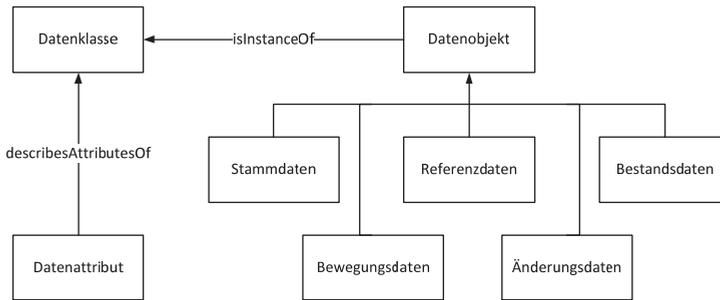


Abbildung 4: Datenstrukturen und Datenarten

Insgesamt lassen sich nach Verwendungszweck und Veränderbarkeit der Daten fünf wesentliche Arten von Datenobjekten²³ unterscheiden [LO07, OH09]. Zwischen diesen Datenarten bestehen Unterschiede und Zusammenhänge:

- *Stammdaten (master data)* sind zustandsorientierte Daten und beschreiben die wesentlichen Kernobjekte von Unternehmen, auf denen die Geschäftsprozesse basieren. Beispiele für Stammdatenobjekte sind Materialien, Produkte, Anlagegüter, Kunden, Lieferanten, Konten und Mitarbeiter eines Unternehmens. Die Stammdaten bleiben im Zeitablauf konstant, indem die identifizierten Grunddaten persistent bleiben und verschiedene Merkmale zum Datum hinzugefügt werden.
- *Referenzdaten* sind eine spezielle Form von Stammdaten, die ausschließlich der Klassifizierung von Stammdatenobjekten dienen.
- *Bestandsdaten* beschreiben die Mengen- und Wertestruktur von Unternehmen. Sie sind zustandsorientiert wie Stammdaten. Lagerbestände, Kontostände und Produktionskapazitäten sind typische Beispiele für Bestandsdaten. Im Zeitablauf weisen sie eine hohe Änderungshäufigkeit auf, da sie aufgrund des Betriebsgeschehens einer systematischen Veränderung unterliegen.
- *Bewegungsdaten* sind abwicklungsorientierte Daten, die die betriebswirtschaftlichen Vorgänge im Unternehmen beschreiben. Lagerbewegungen und Rechnungen sind Beispiele dafür. Da Bewegungsdaten im Rahmen der Geschäftstätigkeit immer wieder neu entstehen, verändern sie sich häufig.
- *Änderungsdaten* verhalten sich abwicklungsorientiert wie Bewegungsdaten. Sie lösen eine Änderung der Stammdaten aus. Ein typisches Beispiel ist die Änderung einer Kundenadresse. Ihre Änderungshäufigkeit im Zeitverlauf ist erheblich geringer als die der Bewegungsdaten.

Die Verwaltung von dienstleistungsorientierten Stammdaten wird in dieser Arbeit als *Service Master Data Management* bezeichnet. Dienstleistungsorientierte Stammdaten werden als *Leistungsstammdaten* bzw. *Leistungsstämme* bezeichnet. Bisher sind sie in der wissenschaftlichen Literatur bisher eher nachlässig behandelt worden, was auf die Komplexität von Dienstleistungen und die damit verbundene Standardisierung zurückgeführt wird. Betriebliche Informationssysteme bieten bisher kaum eine spezifische Unterstützung von

²³ Ein *Datenobjekt* ist eine Instanz einer Datenklasse. Eine Datenklasse ist eine Datenstruktur, die aus einem Attribut oder mehreren besteht. Ein Attribut beschreibt Eigenschaften und Merkmale einer Datenklasse [OH09].

Leistungsstämmen. Leistungsstammdaten dienen dem internen elektronischen Datenaustausch und der Erstellung von Anfrage-Leistungsverzeichnissen oder dem direkten externen Datenaustausch von Kunden und Lieferanten. Ein *Leistungsstamm* beschreibt sämtliche Leistungen eines Unternehmens als Stammdatenobjekte, die ein Unternehmen selbst anbietet, beschafft und erbringt. Der Leistungsstamm dient als Quelle für die Daten zur Erstellung eines Leistungsverzeichnisses. In ihm wird ein Leistungsstamm mit definierter Leistung angelegt. Ein *Leistungsverzeichnis* ist ein allgemeiner standardisierter Katalog von Textbausteinen zur Beschreibung von Dienstleistungen [SAP01].

2.5 Informationssysteme

Die informationstechnische Unterstützung der Dienstleistungsbeschaffung wird durch *Informationssysteme* sichergestellt. Sie bieten eine Ausführungsunterstützung von Prozessabfolgen, indem Informationssysteme relevante Prozessaufgaben und Aktivitäten übernehmen. Ein Informationssystem ist ein Softwaresystem, das Informationen erfasst, überträgt, speichert, empfängt, manipuliert oder anzeigt. Informationssysteme bilden eine wichtige Voraussetzung für die Koordination von inner- und überbetrieblichen Geschäftsprozessen und komplexen Informationsflüssen in Unternehmen [AH04, Ös03, Sc97b, SS06]. Alter [Al02] unterscheidet in einem Informationssystem sechs Entitäten: Kunden und Lieferanten, Sachgüter und Dienstleistungen, Geschäftsprozesse, Teilnehmer, Information und Technologie. Kunden und Lieferanten sind Akteure, die mit Informationssystemen interagieren, indem Sachgüter und Dienstleistungen ausgetauscht werden. Geschäftsprozesse verwalten Sachgüter und Dienstleistungen, verfügen über Teilnehmer und verwenden Information und Technologie. Teilnehmer sind menschliche Ressourcen, die arbeiten. Geschäftsprozesse bzw. Workflows spielen eine zentrale Rolle in größeren Informationssystemen. Nach van der Aalst und Starke [AS11] sind Informationssysteme diskrete dynamische Systeme. Aufgrund der zentralen Rolle von Geschäftsprozessen in Informationssystemen wird in dieser Arbeit von *prozessorientierten Informationssystemen (POIS)* bzw. *Process-aware Information Systems (PAIS)* [DAH05, RAH06, Ru07] für die Dienstleistungsbeschaffung gesprochen²⁴. Ein prozessorientiertes Informationssystem ist ein Softwaresystem [AS11], das operationale Prozesse, Menschen, Applikationen oder Informationsquellen auf der Basis von Geschäftsprozessmodellen verwaltet und ausführt. Ein *prozessorientiertes Informationssystem (POIS)* wird in Anlehnung an Dumas et al. [DAH05] wie folgt definiert:

Definition 2.6: *Prozessorientiertes Informationssystem (POIS)*

Ein *prozessorientiertes Informationssystem* ist ein Softwaresystem, das Geschäftsprozesse und damit verbundene Ressourcen, Anwendungen und Informationen verwaltet und ausführt. Geschäftsprozessmodelle bilden die Grundlage für die Gestaltung von Geschäftsprozessen, Ressourcen und Informationen.

²⁴ Die Begriffe *prozessorientiertes Informationssystem*, *Informationssystem* und *IT-Systeme* werden synonym verwendet.

Ein POIS besitzt einen Zustandsraum (statischer Aspekt) und Übergangsbeziehungen (dynamische Aspekte). Der Zustandsraum lässt sich durch Datenmodelle, die Übergangsbeziehungen durch Geschäftsprozessmodelle beschreiben. Datenmodelle und Geschäftsprozessmodelle abstrahieren von der Realwelt, ermöglichen jedoch die Analyse des Informationssystemmodells. Die Modelle dienen der Spezifikation eines Informationssystems. Zusätzlich zur Modellierung des Informationssystems werden auch die Geschäftsprozesse modelliert. Die Validierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsprozessmodellen stellt die Korrektheit des Modells und der Geschäftsprozesse sicher. Die Beziehung von Geschäftsprozessen, Informationssystemen und Modellen [AS11] wird aufgezeigt (Abbildung 5). Informationssysteme, die eine inner- und überbetriebliche Zusammenarbeit und Interaktionsmechanismen durch die Automatisierung von Geschäftsprozessen informationstechnisch unterstützen, werden unter dem Begriff *Computer-Supported-Cooperative-Work* (CSCW) zusammengefasst [OK06]. *Collaborative Supply Chain Management*-Systeme (CSCM-Systeme) [WN04] unterstützen kollaborative Geschäftsprozesse durch den Austausch von definierten Daten. CSCW-Systeme bieten Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) an, die den Kooperationspartnern dienen [FS01]. Unter diesem Begriff werden verschiedene Systeme behandelt, die die Zusammenarbeit mehrerer Akteure durch IKT unterstützen [GK07].

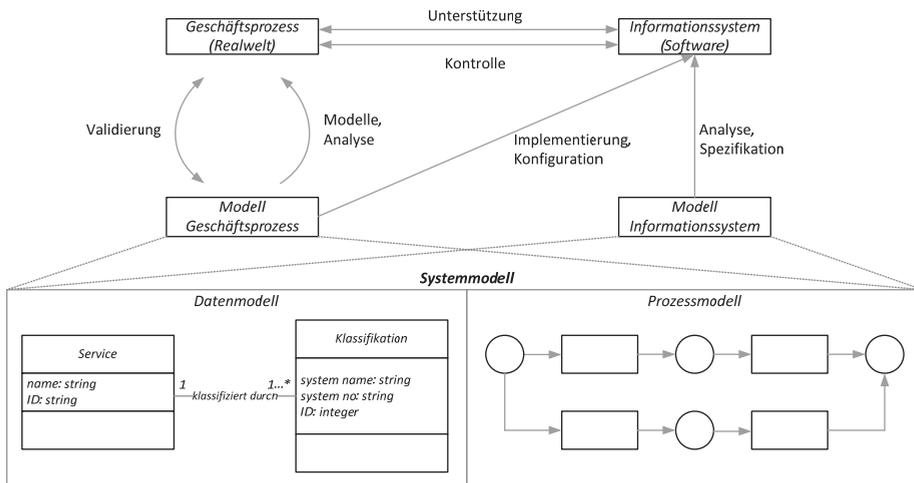


Abbildung 5: Beziehung von Geschäftsprozessen, Informationssystemen und Modellen (in Anlehnung an [AS11])

IT-Systeme verbessern die Umsetzung des logistischen Prinzips für Informationen und nehmen der Kommunikation unnötige Komplexität [SKS10]. *Workflowmanagementsysteme* (WfMS) gelten als Ausprägung von CSCW-Systemen. Workflowmanagementsysteme unterstützen die Automatisierung und aktive Steuerung von Geschäftsprozessen in Organisationen und den asynchronen Informationsaustausch für die inner- und überbetriebliche Koordination. Nach Jablonski et al. [JBS97] stellen Workflowmanagementsysteme allgemein „eine Ausführungsinfrastruktur für Geschäftsprozesse zur Verfügung“. Eine *Workflow-Engine* ist ein zentraler Bestandteil eines Workflowmanagementsystems und löst Aktivitäten aus. Ein WfMS unterstützt strukturierte Aufgaben und Prozesse und dient der ak-

tiven Steuerung arbeitsteiliger Prozesse, indem korrekte Reihenfolgen der Aktivitäten sowie die korrekte Zuordnung der erforderlichen Aufgabenträger im Ablauf überwacht werden [Sc08a]. Workflowmanagementsysteme sind ein Teil von Informationssystemen [Ob96a].

Ein Informationssystem unterstützt Menschen, Organisationen oder Softwaresysteme. Informationssysteme lassen sich in *personenbezogene Informationssysteme*, *betriebliche Informationssysteme* (*Enterprise Information Systems*) [Ob96a] und *öffentliche Informationssysteme* klassifizieren [A102, DVH05, OI05]. Personenbezogene Informationssysteme dienen Privatpersonen, betriebliche Informationssysteme unterstützen Organisationen wie Unternehmen, öffentliche Informationssysteme verwalten und speichern Informationen, die öffentlich zugänglich sind. Informationssysteme werden als *Transaktionsverarbeitungssysteme* aufgefasst [AS11]. Sie registrieren und kommunizieren relevante Aspekte der Änderungen des Prozessverhaltens und erfassen sie. Transaktionsverarbeitungssysteme, die auf die Kommunikation zwischen verschiedenen Organisationen spezialisiert sind, werden *unternehmensübergreifende Informationssysteme* genannt. Meist sind elektronische Datenaustauschformate (*Electronic Data Interchange (EDI)*-Standards) eingesetzt. Voraussetzung dafür sind ein Datenbank-Managementsystem und ein Workflowmanagementsystem. Für die Realisierung von unternehmensübergreifenden Informationssystemen ist es erforderlich, dass Systeme bzw. Anwendungen miteinander kommunizieren, was sich aufgrund der Heterogenität von Geschäftsprozessen und Datenobjekten oftmals als schwierig erweist. Infolgedessen ist eine Integration von unterschiedlichen Informationssystemen notwendig.

2.5.1 Systematisierung von Informationssystemen

Informationssysteme bilden eine IT-gestützte Bedarfsauflösung und -planung von *Produktionsplanungs- und Produktionssteuerungssystemen (PPS)*²⁵ bzw. MRP-Systemen (*Material Requirements Planning (MRP)*)²⁶. Die MRPII-Planungsansätze wurden innerhalb des *Computer integrated Manufacturing (CIM)*-Konzepts in Informationssysteme integriert. Die integrierte Informationsverarbeitung bleibt relevant für eine effiziente Gestaltung, Planung, Steuerung und Kontrolle von Geschäftsprozessen [Ha03a]. Zu den Systemtypen von Informationssystemen gehören *Warenwirtschaftssysteme (Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme)*, *Supplier Relationship Management Systeme (SRM)*, *E-Catalogue Management Systeme (CMS)*, *Supply Chain Management Systeme (SCM)* und *Beschaffungssysteme (E-Procurement Systems)*:

- *Enterprise Resource Planning Systeme (ERP)*: *Enterprise Resource Planning (ERP)*-Systeme unterstützen die effiziente Ressourcenplanung und den Ressourceneinsatz der vorhandenen Ressourcen (Kapital, Betriebsmittel oder Personal) in

²⁵ Die *Produktionsplanung und -steuerung (PPS)* dienen der Feststellung von prognostizierten und/oder vorliegenden Kundenaufträgen durch den mengenmäßigen und zeitlichen Produktionsablauf unter Beachtung der verfügbaren Ressourcen [Ku05].

²⁶ Während *MRP-Systeme* von realitätsfernen Annahmen von unbeschränkten Kapazitäten und unrealistischen Produktionsplänen ausgingen, wurde der *Manufacturing Resource Planning (MRPII)*-Planungsansatz entwickelt, der Termin- und Kapazitätsplanungen erweitert [Ku05].

einem Unternehmen für den betrieblichen Ablauf und damit die Steuerung von Geschäftsprozessen. Ein ERP-System zeichnet sich durch eine hochintegrierte, monolithische Architektur aus. Es wird als informationstechnische Abbildung der Warenprozesse und als zielorientierte Verarbeitung aller warenbegleitenden Daten angesehen [HN05a, Ga12b]. ERP-Systeme sind als 3-Tier-Client/Server-Architektur²⁷ aufgebaut.

- *Supplier Relationship Management Systeme (SRM)* sind Softwaresysteme einerseits zur Planung und Steuerung der strategischen und operativen Beschaffungsprozesse und andererseits für das Lieferantenmanagement [AB11].
- *E-Catalogue Management Systeme (CMS)* dienen der integrierten Verwaltung von elektronischen Produktkatalogen und der zugehörigen Katalogdaten. Mit Hilfe von Katalogdatenmanagementsystemen werden elektronische Produktkataloge an ein ERP-System oder SRM-System angebunden.
- *Supply Chain Management Systeme (SCM)* dienen der Sicherstellung von ausreichender Informationsverfügbarkeit und -weitergabe des Endkundenbedarfs, der Produktionspläne und Bestände.
- *E-Procurement-Systeme* unterstützen die Automatisierung von Beschaffungsprozessen in einem Unternehmen. Mit Hilfe von verfügbaren Lagerdaten, erwarteten Ankunftszeiten der bestellten Produkte und von den auf Vorhersagen basierten Verkäufen und den Produktionsplanungen bestimmt ein Beschaffungssystem Anforderungen und erstellt neue Aufträge. Beschaffungssysteme sind in Supply Chain Management Systeme²⁸ und ERP-Systeme integriert.

2.6 Harmonisierung und Integration

Lösungen zur *Integration* in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden auf der *Organisations-* und *Systemebene* entwickelt [Hö09, Ös95a]. Unter *Integration* wird die Vermeidung von Medienbrüchen zwischen verschiedenen Systemen verstanden mit dem Ziel, einen höheren Automatisierungsgrad in der Informationsverarbeitung zu erreichen [MM09]. Nach Mertens [Me07] kann Integration durch die Dimensionen *Integrationsgegenstand*, *Integrationsrichtung*, und *Integrationsreichweite* beschrieben werden. Der Integrationsgegenstand bezieht sich auf das zu integrierende Objekt (Integrationsobjekt). Die Integrationsrichtung unterscheidet die Integration von Objekten einerseits in Funktionsbereichen entlang der Wertschöpfungskette und andererseits in verschiedenen Unternehmensebenen. Bei der *horizontalen Integration* befinden sich die Integrationsgegenstände auf derselben Integrationsebene, bei der *vertikalen Integration* auf verschiedenen Unternehmensebenen, jedoch öfters in gleichen Funktionsbereichen. Die Integrationsreichweite

²⁷ 3-Tier-Architekturen sind Client/Server-Architekturen. Sie trennen die drei logischen Schichten der *Prozesslogik* und der *Datenbankschicht* durch einen Anwendungsserver und die *Persistenzschicht* durch einen Datenbankserver.

²⁸ Supply Chain Management Systeme sind nicht auf die Koordination von Beschaffungsprozessen zweier Akteure beschränkt, sondern koordinieren eine Organisation mit allen Zulieferern, um Ineffizienzen zu vermeiden und den gesamten Beschaffungsprozess zu optimieren.

definiert den organisatorischen Umfang einer Integration. Sie lässt sich in die bereichsbezogene, innerbetriebliche und zwischenbetriebliche Integrationsreichweite unterteilen.

Die *Harmonisierung* von Geschäftsprozessen, Datenstrukturen und Anwendungen bildet die Voraussetzung für eine unternehmensweite und unternehmensübergreifende Integration, zu einer Verbesserung der Geschäftsprozessqualität und trägt zur Reduzierung von Fehlerraten, Reklamations- und Garantiekosten und zur Steigerung der Produktivität bei. So bildet die Harmonisierung von Daten die Voraussetzung für ganzheitliche Integrationslösungen von Geschäftsprozessen, Daten und Anwendungen [SH06]. Die Harmonisierung von Anwendungen führt zu geschlossenen Systemarchitekturen, die eine Abstimmung und Vereinheitlichung von Input- und Outputgrößen ermöglicht für eine konsistente Datenverarbeitung. Die Beherrschung von Geschäftsprozessen und der mit ihr einhergehenden Geschäftsprozessqualität haben einen maßgeblichen Einfluss auf den Unternehmenserfolg [Wi10].

Die *Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)* [Sc01, Sc02a] beschreibt als Rahmenkonzept und Methodik die Integration von Informationssystemen in Unternehmen. Verschiedene Sichten vereinen sich in der zentralen Prozesssicht für die Modellierung von konkreten Prozessabläufen in zeitlich-sachlogischer Reihenfolge und deren dynamischen Zusammenhänge mit den anderen Sichten [St01]. ARIS verwendet ein integriertes Sichtenkonzept, das die Sichten *Funktionssicht*, *Organisationssicht*, *Datensicht* und *Steuerungssicht* auf Geschäftsprozesse ermöglicht und die Beschreibungskomplexität reduziert. Die Sichten und Ebenen bilden die zentralen Komponenten der ARIS-Architektur (siehe Abbildung 6). Nach Studien stehen für Firmen die Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen und Daten im Vordergrund [Ca09]. Definitorische Ansätze des Supply Chain Managements betonen die Harmonisierung von Abläufen zwischen den Mitgliedern einer Lieferkette und stellen funktionsübergreifende Geschäftsprozesse in den Mittelpunkt, um Wertschöpfung für die gesamte Lieferkette zu erzielen. Die Harmonisierung bildet die Voraussetzung für eine unternehmensweite und unternehmensübergreifende Integration. Einheitliche Strukturen von ausgetauschten Nachrichten führen zu einer „*gleichen Sprache an den System- und Prozessschnittstellen*“ [KÖ06]. Ebenso gilt eine Harmonisierung von Prozess- und Datenstrukturen als Voraussetzung für die Anwendungsintegration wie bspw. die Realisierung einer SOA [He06]. Integrationsebenen können nicht unabhängig voneinander betrachtet und nicht immer trennscharf unterschieden werden. Sie bauen aufeinander auf und bedingen sich [Vo04]. Das Ziel der Harmonisierung von Geschäftsprozessen ist die Verbesserung der Geschäftsprozessqualität. Der globale Wettbewerb, eine weltweite Markttransparenz und die häufig wechselnden Kundenpräferenzen erfordern von Unternehmen eine schnelle Markteinführung von Produkten und Dienstleistungen zu marktgerechten Preisen und in der vom Kunden geforderten Qualität [Wi12b]. Die Qualität von Geschäftsprozessen nimmt eine tragende Rolle ein. Die Geschäftsprozessqualität verspricht Unternehmen Potenziale durch Zeit- und Kostenvorteile gegenüber Wettbewerbern. Eine hohe Qualität von Geschäftsprozessen trägt zur Reduzierung von Fehlerraten, Reklamations- und Garantiekosten und zur Steigerung der Produktivität bei. Die Qualität eines Geschäftsprozesses beeinflusst unmittelbar die Qualität von erstellten Produkten oder ausgeführten Dienstleistungen.

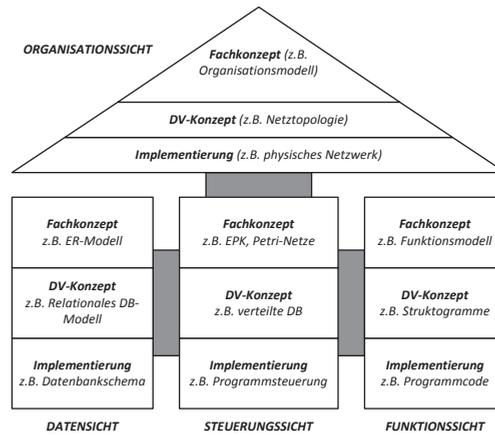


Abbildung 6: ARIS-Architektur

Die Beherrschung von Geschäftsprozessen und die damit einhergehende Geschäftsprozessqualität haben einen maßgeblichen Einfluss auf den Unternehmenserfolg [Wi12b]. Dabei spielt die *Effizienz*, die *Produktivität* und die *Effektivität* von Prozessen eine bedeutende Rolle [SFH07].

Die Effizienz von Geschäftsprozessen beschreibt die wirtschaftliche und fehlerfreie Prozessdurchführung mit geringem Ressourceneinsatz, anforderungsgerechter Ausführung und schneller Bereitstellung. Die Produktivität von Geschäftsprozessen bestimmt das Verhältnis zwischen dem Prozessergebnis und den im Prozess eingesetzten Produktionsfaktoren. Sie ist hinreichend aussagekräftig für die Effizienz von Geschäftsprozessen. Die Effektivität von Geschäftsprozessen formuliert den Erfüllungsgrad von Anforderungen an die Ziele und Ergebnisse von Geschäftsprozessen externer Kunden und ihren Beitrag zu den Unternehmenszielen [Mo10]. Nach Schuh und Schweicher [SS08] sind für Geschäftsprozesse die Qualität der Prozessdurchführung und die Qualität der Prozessergebnisse relevant. Das Ziel der Harmonisierung von Daten ist die Verbesserung der Datenqualität in Geschäftsprozessen. Die Datenqualität definiert der Ansatz des *Total Data Quality Managements (TDQM)* durch eine ganzheitliche Betrachtungsweise [We08]. Methoden von TDQM basieren auf den Geschäftsprozessen zur Messung und Verbesserung der Informationsqualität und Datenverarbeitung [ABE+09]. Das Datenqualitätsmanagement stellt die Modellierung, Erzeugung, Verarbeitung, Speicherung und Darstellung von Daten mit dem Ziel einer hohen Datenqualität sicher [Kr10]. Gebauer und Windheuser [GW08] definieren Datenqualität als „*Gesamtheit der Ausprägungen von Qualitätsmerkmalen eines Datenbestands und dessen Eignung, festgelegt und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen*“. Hinrichs [Hi02] differenziert zwischen *prozessorientierten* und *anwenderorientierten* Ansätzen der Datenqualität. Der prozessorientierte Ansatz legt harmonisierte Stammdaten als Voraussetzung für die durchgängige Verwendung in Geschäftsprozessen fest. Der anwenderorientierte Ansatz berücksichtigt Anforderungen der Stammdatennutzer an deren Anwendung in einzelnen Funktionsbereichen. Bei der Gestaltung der Informationssysteme und

Datenverarbeitung²⁹ treten Mängel in der Informations- und Datenqualität auf. Für die Mängel gelten folgende Gründe [ABE+09, LO07, Oe11]:

- *Mängel bei der Datenerfassung*: Es liegen Benutzerfehler vor bzw. falsche Eingaben oder die fehlerhafte Auswahl von Werten aus vorgegebenen Listen sowie eine falsche Interpretation der zu erfassenden Daten und die Fehler aufgrund unübersichtlicher Eingabemasken.
- *Fehler bei der Datenmodellierung, Realisierung von Datenmodellen und der Datenerhebung*: Die Mängel entstehen durch Fehler bei der Datenmodellierung, der Realisierung von Datenmodellen in Datenbanken, in der Datenerhebung bzw. bei der Überführung von Datenmodellen in Datenbanken sowie in der Datenverarbeitung. Bei der Umsetzung der konzeptionellen Datenmodellierung können Anforderungen durch die Datenbankstruktur nicht hinreichend abgebildet werden. Dadurch führen falsch zugeordnete, doppelt angelegte oder unberücksichtigte Daten zu Redundanzen, Inkonsistenzen oder fehlerhaften Inhalten. Bei der Datenerhebung werden Daten oftmals nicht in einer dem Informationsbedarf des Nutzers entsprechenden Form erfasst. Bei der Datenverarbeitung können Änderungen unterschiedlicher Nutzer zu Redundanzen in Datensätzen führen.
- *Mängel durch nicht übereinstimmenden Datenmodelle unterschiedlicher Unternehmen*: Zusätzlich zu den bestehenden möglichen Mängeln durch Fehler in der Gestaltung von Informationssystemen und der Datenverarbeitung können nicht übereinstimmende Datenmodelle unterschiedlicher Unternehmen gegenüberstehen.
- *fragmentierte Systemlandschaft*: Daten werden in eigenen Anwendungssystemen entwickelt und hinterlegt, um den speziellen Anforderungen des Funktionsbereiches gerecht zu werden. Die Integration der Daten in ein Datenmodell kann zu Fehlern führen. Eine fragmentierte Systemlandschaft erschwert die Integration der Daten in ein Datenmodell.
- *Mängel bei der Integration von Daten*: Aufgrund uneinheitlicher Datenmodelle führt die Integration von Daten aus mehreren Systemen oder aus externen Quellen zu Fehlern.
- *Mängel in den Pflegeprozessen*: Mängel in den Daten-Pflegeprozessen, die den Ablauf der Änderungen von Stammdaten definieren, führen zu Problemen.
- *widersprüchliche Datendefinitionen*: Uneinheitliche Interpretationen der Begriffe in den Datenfeldern der verschiedenen Funktionsbereiche lösen Probleme aus.
- *unzureichende reaktive Lösungsversuche*: Kurzfristige Maßnahmen zur Erhöhung der Stammdatenqualität greifen nicht, da die Probleme über kurz oder lang wieder auftreten.

Eine Verbesserung der Datenqualität erfolgt durch eine Datenbereinigung, Systemverbesserung, Standardisierung und Geschäftsprozessverbesserung [HGH+11]. Die Datenbereinigung korrigiert identifizierte Mängel. Für eine kontinuierliche Verbesserung der Qualität durch Datenbereinigung sind Pflegeprozesse in Geschäftsprozessen und Anwendungen integriert [MB03]. Eine Systemverbesserung wird durch eine Anpassung und Veränderung

²⁹ Der Prozess der Gestaltung von Informationssystemen und der Datenverarbeitung wird auch als *Informationsprozess* bezeichnet [He02b].

der benutzten Datenmodelle erreicht. Vor allem die Geschäftsprozesse sind zur Steigerung der Datenqualität den Anwendungen anzupassen, ebenso die Gestaltung von Schnittstellen für einen unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Die einheitliche Definition von Attributen, den Merkmalen, ermöglicht eine Standardisierung von Daten. Eine Geschäftsprozessverbesserung sieht vor, die Datenqualität durch die Verbesserung von Kernprozessen eines Unternehmens zu erreichen.

2.6.1 Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen

Defizitäre Ausprägungen in Geschäftsprozessmodellen begründen Harmonisierungspotenziale. Zu den Ausprägungen von Harmonisierungspotenzialen bei Geschäftsprozessen gehören nach Luczak und Becker [LB03] die Prozessstrukturierung (komplexe Strukturen und unklare Aktivitäten), Prozessstandardisierung (ähnliche Prozesse bei unterschiedlicher Ausführung), Anzahl an Prozessschleifen (wiederholte Bearbeitungsschritte in Prozessen), Prozesstransparenz (keine Nachvollziehbarkeit von Prozessaktivitäten), Aufgabenunterstützung (mangelnde Systemunterstützung), Automatisierung (elektronische Geschäftsprozesse), standortübergreifende Funktionen (keine IT-Unterstützung standortübergreifender Aufgaben) und Systemredundanzen (unnötige und mehrfach vorhandene Funktionsunterstützung). Ansätze zur *Harmonisierung von Geschäftsprozessen* sind bspw. *Business Process Compliance* [RLD08], *Prozesskopplung und Prozessvereinigung* [BFB93], *Geschäftsprozessmuster* [Ba07, Fo96] und *Referenzprozessmodelle* [FL02, Sc97b]:

- ***Business Process Compliance (BPC)***: Unternehmen sehen in der adäquaten Unterstützung ihrer Geschäftsprozesse den entscheidenden Schritt zum Erfolg. „*Traditionelle Aspekte wie Erfassung, Modellierung und Analyse der Geschäftsprozesse, aber auch robuste und performante Ausführung sowie Flexibilität und Evaluierung der Prozesse nach ihrer Implementierung in einem Prozessmanagementsystem*“ sind intendiert [RLD08]. Eine der wichtigsten Herausforderungen für Unternehmen ist *Business Process Compliance (BPC)*: Die Ausführung der Geschäftsprozesse stehen hierbei im Einklang mit bestimmten, für das Unternehmen relevanten Normen und Standards [RLD08].
- ***Prozesskopplung und Prozessvereinigung***: Die *Prozesskopplung* stellt durch Verbinden die Kopplung einer Kette von verknüpften objektbezogenen Aktivitäten in den Mittelpunkt der Betrachtung. Die *Prozesskopplung* wird im Sinne einer unternehmensübergreifenden gemeinsamen Leistungserstellung betrachtet [BFB93]. Zur *Prozesskopplung* durch Verbinden zählt die Kopplung von Prozessen beispielsweise Wareneingang und Rechnungsprüfung [Kr91, MM09]. Eine *Prozessvereinigung* von Prozessen liegt vor, wenn bislang unabhängig voneinander ablaufende Prozesse aufgrund ihrer Ablaufidentität oder -ähnlichkeit zusammengefasst werden. Die Zielsetzung sind Degressionseffekte bei der Prozessrealisierung [SRS93].
- ***Geschäftsprozessmuster***: Geschäftsprozessmuster (*Business Process Design Pattern*) beschreiben Geschäftsprozessmodelle in einer bestimmten Domäne im Einklang mit Best Practice-Vorgehensweisen. Geschäftsprozessmuster basieren auf empirischem Wissen, wie Aktivitäten eines Prozesse bestmöglich ausgeführt werden. Der Begriff *Muster* ist der Domäne des Software Engineerings entlehnt

[AN03, Fo96]. Geschäftsprozessmuster beschreiben und formalisieren gemeinsame Strukturen von Aktivitäten, Daten- und Kontrollflüssen [Ba07]. Ein Muster bildet eine Abstraktion von einer konkreten Form, die in einem nicht willkürlichen Kontext wiederholt auftritt [RZ96]. Muster zeichnen sich nach Gamma et al. [GHJ+01] durch Bedingungen, Beispiele von Situationen im Geschäftsverkehr und von Problemen in der Realisierung von Modellierungssprachen sowie durch Implementierungslösungen aus. Geschäftsprozessmuster können aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und formalisiert werden. Prozessorientierte Informationssysteme werden durch Geschäftsprozessmodelle beschrieben. Russel und van der Aalst et al. [RAH06, RHE+04a, RHE+04b] definieren Workflow Pattern, um Anforderungen an Workflowsprachen und Informationssystemen zu formalisieren. *Exception Handling Pattern* bieten ein konzeptionelles Rahmenwerk für mögliche Ausnahmesituationen von Workflowsystemen und prozessorientierten Informationssystemen. Ausnahmebehandlungen können bei vorhersehbaren sowie unvorhersehbaren Ausnahmesituationen auftreten und werden durch Muster in Klassen gruppiert. *Control Flow Pattern* beschreiben Aktivitäten und ihre Ausführungsordnung durch verschiedene Konstruktoren wie Sequenz, Auswahl, Parallelismus etc. *Data Flow Pattern* fügen der Kontrollflussperspektive die Datenverarbeitung hinzu. Sie bestimmen den Fluss von Geschäftsdokumenten und anderen Datenobjekten, die zwischen Aktivitäten ausgetauscht werden. *Ressource Pattern* legen organisationale Strukturen fest durch menschliche Ressourcen und Rollen, die Aktivitäten ausführen.

- *Referenzmodelle*: Eine Menge von Modellen mit ähnlichen Eigenschaften bildet eine Klasse von Modellen t und wird durch ein *Referenzmodell* beschrieben. Ziel der Entwicklung von Referenzmodellen ist die Wiederverwendbarkeit von bestehenden Modellen und die Dokumentation von den in der Domäne verfügbaren Informationen. Ein Referenzmodell gilt als eine Empfehlung für die Entwicklung konkreter Modelle. Es stellt allgemeingültige Lösungsvorschläge für eine (abstrakte) Klasse von Problemen dar und unterstützt die auf konkrete Aufgabenstellungen bezogene Problemlösung, indem es einen Ausgangspunkt bietet und als Modellmuster für eine Klasse zu modellierender Sachverhalte herangezogen wird [FL02, Sc97b]. Referenzmodelle bilden formale Aspekte, Inhalte der Modelle sowie Konzepte für ihre Beschreibung und Modellierung ab. Inhalte können Abläufe, Objekte oder Entscheidungssituationen sein. In Referenzmodellen werden Inhalte problemspezifisch und vor dem Hintergrund der Aufgabenstellung festgelegt. Referenzmodelle stellen als Metamodelle bzw. Soll-Modelle eine allgemeingültige Empfehlung dar, die dem organisatorischen Aufbau, Prozess- und Informationssystemlandschaften und Informationsmodellen in Unternehmen dient.

Die Realisierung von unternehmens- oder anwendungsübergreifenden Geschäftsprozessen zur Abstimmung und Steuerung (Prozesschoreographie) wird als *Prozessintegration* definiert. Eine Integration von Geschäftsprozessen wird über verschiedene Stufen der Wertschöpfung, Unternehmensgrenzen, Organisationseinheiten und IT-Systeme hinweg sowie über Teilprozesse zur Leistungserstellung realisiert. Das Ziel von durchgängigen, medienbruchfreien und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen zur Aufgabenbearbeitung ist deren Prozessintegration. Die Integration von überbetrieblichen Geschäftsprozessen

sen wird im Rahmen der Kollaboration von Unternehmen zu einem zunehmenden Erfolgsfaktor [Mo07]. Maßnahmen zur Prozessintegration umfassen die anwendungs- und organisationübergreifende Unterstützung und Steuerung einzelner Prozesse [BFG+02]. Aufgaben sind daher anwendungsübergreifend miteinander zu verknüpfen. Auf der Prozessebene werden die an den Prozessschnittstellen auszutauschenden Daten, deren Struktur und Semantik durch Prozessobjekte definiert sind, aufeinander abgestimmt. Das gemeinsame Vokabular der Prozessobjekte gewährleistet ein harmonisiertes Begriffsverständnis zwischen Organisationen [LV08]. Prozessobjekte als Ausprägung eines Prozessobjekttyps werden durch Datenelemente repräsentiert und sind persistent gespeicherte Ausprägungen eines Datenelementtyps³⁰ in einer Datenbasis. Prozessobjekte und Datenobjekte werden in dieser Arbeit als Instanzen betrachtet. Bei der Prozessintegration steht die Automatisierung von Geschäftsprozessen unter Einbeziehung vorhandener Anwendungen in Informationssystemen im Vordergrund. Durch eine automatisierte Ablaufsteuerung (Workflowintegration) werden Anwendungen und Daten in die Geschäftsprozesse eingebunden.

2.6.2 Harmonisierung und Integration von Daten

Für eine kontinuierliche und unternehmensweite Verbesserung der Datenqualität sind Stammdaten zu harmonisieren. Die Anpassung von Stammdaten identischer Objekte wird in der Arbeit als *Datenharmonisierung* bezeichnet. Ansätze zur Vereinheitlichung der Datensemantik (Datenharmonisierung) und globale Datenmodelle ermöglichen homogene Sichten auf verteilte Daten in heterogenen Datenbanken, um strukturelle und semantische Konflikte zu überwinden. Die Formalisierung der Datensemantik und die semantische Datenintegration bilden bis heute eine der schwierigsten Herausforderungen in der Datenintegration [ZD04]. Sie gilt als Grundlage harmonisierter Geschäftsprozesse und Voraussetzung für die Anwendungsintegration [JW06]. Verteilte, voneinander unabhängig agierende Unternehmen, die jeweils über unterschiedliche Geschäftsprozesse, Anwendungen und heterogene Datenbestände verfügen, werden durch Integration zu einer integrierten Leistungserstellung konsolidiert und für eine Kollaboration bereitgestellt [LN07]. Eine Datenharmonisierung stellt sicher, dass unterschiedliche Benutzergruppen auf eine integrierte Datenstruktur zugreifen können und damit Integrationsbeziehungen aufgebaut werden. Harmonisierungstechniken zur Sicherstellung von einer gemeinsamen Syntax, Semantik oder Pragmatik von Stammdaten reichen von der Verwendung gleicher Stammdaten bis hin zu Mapping-Werkzeugen für die Übersetzung der Daten eines konsensuellen Bereichs in einen anderen konsensuellen Bereich [MV87]. Durch die Integration und Harmonisierung wird die Kommunikation von unterschiedlichen IT-Systemen gewährleistet. Für unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse, die durch IT-Systeme bereitgestellt werden, ist eine eindeutige syntaktische Zuordnung von informationskonstituierenden Daten mit einem einheitlichen semantischen Verständnis erforderlich [Oe11].

Die Zusammenführung von Daten aus heterogenen Datenquellen und die damit verbundene vereinheitlichte Sicht auf diese Daten auf der Datenebene werden unter der *Datenintegration* verstanden [CM06]. Die Datenintegration ermöglicht die Integration von Infor-

³⁰ *Datenelementtypen* entsprechen Attributen in relationalen Datenmodellen [Ju06].

mationssystemen. Im Vorfeld einer Datenintegration müssen Anpassungen zwischen Stammdaten an identischen Objekten mit unterschiedlicher Syntax und Semantik geleistet werden. Die Datenharmonisierung bildet eine Grundlage für Integrationsbeziehungen. Datenschemata und Datenbestände stehen bei der Datenintegration im Vordergrund. Auf der Systemebene, der Anwendungs- und Datenstrukturebene, stehen die Erreichbarkeit von Daten und die Anwendungslogik einzelner Anwendungen im Vordergrund [Wi09]. Aus der Datenintegration resultieren ein einheitlicher Zugriff auf verteilte Datenelemente, eine automatische Datenweitergabe zwischen Anwendungen, die Konsolidierung von Datenelementen sowie die Standardisierung von Datenelementtypen [Ju06]. Bei der Integration auf der Datenebene findet eine Kommunikation von Anwendungen auf der Basis gemeinsamer Daten statt. Nach Kaib [Ka02a] wird eine Datenintegration auf zwei Arten realisiert: entweder durch einen direkten Austausch der Daten zwischen den unterschiedlichen Datenbanken oder durch den Einsatz eines einheitlichen Datenschemas, um eine virtuelle Datenbank zu emulieren. Bei der Integration auf der Datenebene wird eine Datenbank von mehreren Anwendungen gemeinsam verwendet [Ke02].

2.6.3 Integration von Anwendungen

Die *Anwendungsintegration* bezeichnet die gemeinsame Nutzung und Wiederverwendung vorhandener Funktionalitäten von Applikationen durch deren Verknüpfung auf der Anwendungsebene [Ka02a]. Durch die Integration heterogener Anwendungssysteme können Geschäftsprozesse einheitlich abgebildet werden. Zwei wesentliche Konzepte der Anwendungsintegration sind Adaptern und Geschäftsprozesse: Ein Adapter stellt die Brücke zu einer zu integrierenden Anwendung dar, ein Geschäftsprozess spezifiziert die Reihenfolge der Adaptern. Prozessschnittstellen als auch Web Services werden als Adaptern, Geschäftsprozesse als Choreographie von Adaptern aufgefasst [Ma04]. Ganzheitliche Integrationslösungen von Geschäftsprozessen und Daten sind im Kontext dieser Arbeit besonders berücksichtigt. Sie ermöglichen einen fließenden Datenaustausch zwischen mehreren Systemen [SH06]. Die Voraussetzung bilden harmonisierte Stammdaten und Geschäftsprozesse. Die Integration auf der Anwendungsebene stützt sich auf die angebotenen Schnittstellen³¹ der zu integrierenden Anwendungen. Eine Anwendung bietet einen Dienst an, der von anderen Anwendungen in Anspruch genommen wird.

Ein Geschäftsprozess besteht aus verschiedenen einzelnen Tätigkeiten, die in der Regel von mehreren unterschiedlichen Anwendungen zu erbringen sind. Diese einzelnen Tätigkeiten werden durch die Verwendung der notwendigen Schnittstellen zusammenhängend von einer Anwendung oder mehreren realisiert. Der Vorteil dieses Konzeptes ist eine Datenkapselung (*Information Hiding*): Daten bzw. Informationen bleiben nach außen verborgen [VAC+09] und die Wiederverwendung von bestehender Funktionalität in einem neuen Kontext wird erreicht. Der Zugriff ist lediglich über die definierte Schnittstelle möglich, sodass die interne Struktur verdeckt bleibt. Infolgedessen werden systeminterne Änderungen durchgeführt, ohne die Integration mit anderen Anwendungen zu beeinträchtigen, so-

³¹ Die Schnittstellen von Anwendungen werden auch als *Application Programming Interface (API)* bezeichnet.

lange die Schnittstelle unverändert bleibt. Die Integration auf der Anwendungsebene kann durch Middleware-Technologien³² realisiert werden.

2.6.3.1 Enterprise Application Integration (EAI)

Vernetzte Unternehmen, die im Rahmen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung kollaborieren, sehen sich gezwungen, heterogene Applikationen und Datenbestände zu integrieren [BD07]. Unter dem Begriff *Enterprise Application Integration (EAI)* werden Technologien zusammengefasst, die die Kommunikation und Interoperabilität³³ zwischen unterschiedlichen Anwendungen und Geschäftsprozessen innerhalb einer Organisation und zwischen mehreren ermöglichen. EAI ist ein Konzept zur unternehmensweiten Integration der Geschäftsfunktionen entlang der Wertschöpfungskette, die über verschiedene Anwendungen auf unterschiedlichen Plattformen verteilt und durch Daten- und Geschäftsprozessintegration verbunden sind. Zu den Methoden von EAI zählen Prozessintegration, Datenintegration und Anwendungsintegration, die aufeinander aufbauen. Enterprise Application Integration gewinnt zunehmend an Bedeutung, um die unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse angemessen zu unterstützen [CHK+06]. Vorhandene IT-Strukturen in Unternehmen zeichnen sich oftmals durch Heterogenität und fehlende Integration aus und müssen neuen fachlichen Anforderungen gerecht werden. Unterschiedliche, individuelle Informationssysteme werden durch den Einsatz von EAI-Techniken integriert, um Interoperabilität zu erzielen. EAI wird als *Enabler* der flexiblen Unternehmensarchitektur betrachtet. Sie ermöglicht die fachliche Integration auf Geschäftsprozessebene [AS03, Ka02a]. Ein EAI-System gewährleistet einen Informationsaustausch mittels spezifischer Datenformate (Syntax) und der Inhalte (Kontext, Semantik). Die syntaktische Ebene definiert die Schnittstellen, die semantische Ebene die Bedeutung von Informationen. EAI-Systeme sichern die korrekte Interpretation von Informationen durch Synchronisation, Identifikation und Validierung [Sc08a]. Durch den Einsatz von EAI-Lösungen [Bu03, CHK+06, VAC+09] ergeben sich folgende Vorteile:

- Die erzielte Steigerung der Effektivität und Effizienz der Geschäftsprozesse verbessert die Wettbewerbsfähigkeit. Mehrfacherfassungen oder die Eliminierung von Medienbrüchen werden vermieden.
- Die erreichte Automatisierung von Geschäftsprozessen verhindert manuelle Eingriffe und verringert Durchlaufzeiten und Fehlerraten.

³² *Middleware* ist eine zusätzliche Schicht in einer komplexeren Softwarestruktur, um Zugriffsmechanismen auf unterhalb angeordneten Schichten zu vereinfachen und die Details und deren Infrastruktur nach außen zu verbergen. Middleware stellt Funktionen zur Verteilung sowie Dienste zur Unterstützung der Anwendung bereit.

³³ Unter *Interoperabilität* wird die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme bezeichnet, möglichst nahtlos zu interagieren, um Informationen auszutauschen [Fo05]. Die Interoperabilität unternehmensübergreifender Kollaborationen basiert auf drei Dimensionen: Die *technische* Interoperabilität umfasst die Verknüpfung von verschiedenen technischen Systemen, Anwendung oder Diensten. Die *semantische* Interoperabilität wird durch eine präzise Definition der auszutauschenden Information sichergestellt. *Organisatorische* Interoperabilität beschreibt den ablauforientierten und nicht technisch orientierten Abstimmungsprozess zwischen verschiedenen Partnern. Die Sicherstellung von Interoperabilität kann auf der Definition gemeinsam verwendeter Standards beruhen [FH08].

- Durch EAI-Lösungen werden Unternehmenszusammenschlüsse oder Übernahmen informationstechnisch umgesetzt, um Kosteneinsparungen zu realisieren.
- Die Integration der Geschäftsprozesse verbessert die Beziehung zu Kunden oder Lieferanten.
- Altsysteme (*legacy systems*) sind eingebunden und weiterzuverwenden, wenn heterogene Informationssysteme integriert werden.

Unternehmen erhoffen sich durch die Realisierung von EAI-Lösungen eine Erhöhung der Flexibilität. Sie wird von Strüver [St04] als die Fähigkeit beschrieben, „in möglichst kurzer Zeit neue Funktionalitäten und Daten integrieren zu können, ohne zukünftige Integrationsvorhaben negativ (in Bezug auf die Flexibilität) zu beeinflussen“. In vielen Fällen ist die Umsetzung einer EAI-Lösung auch mit Nachteilen verbunden:

- Der größte Teil der Integrationsprobleme werden durch die *Heterogenität* der Systeme ausgelöst [CHK+06]. Die Heterogenität der Komponenten bzw. Anwendungen, die zu integrieren ist, tritt auf unterschiedlichen Ebenen auf. Sie zeigt sich in der Programmiersprache, auf der Plattform bzw. im Betriebssystem, in Hardware, im Netzwerk oder Inhalt bzw. in der Datendarstellung. So haben Daten, die zwischen diesen Systemen ausgetauscht werden sollen, oftmals eine nicht einheitliche Darstellung und Bedeutung. Demnach sind äquivalente Umformungen erforderlich, um eine Kommunikation erst zu ermöglichen. Im Weiteren kommt die Komplexität des zugehörigen Geschäftsprozesses hinzu [Bu03].
- Die essentielle Ursache für Heterogenität ist die *Autonomie* der Systeme [CKH+06], da sie den Prozess der Integration erschwert. Ein wesentlicher Grund dafür sind die Zustandsänderungen eines Systems, die anderen Systemen im Zuge der Integration mitgeteilt werden müssen [Bu03]. Eine EAI-Lösung sieht vor, auftretende Zustandsänderungen zu erkennen, im nächsten Schritt notwendige Maßnahmen einzuleiten und eine entsprechende Koordination zwischen den beteiligten Systemen vorzunehmen.
- Die Realisierung von EAI wird weiterhin durch die physische *Verteilung* der Komponenten und die komplex gestalteten Systeme der Lieferanten und Kunden erschwert, die im Regelfall physisch getrennt voneinander liegen. Sie teilen sich weder ihre Daten noch ihre Zustände. Folglich berücksichtigt ein EAI-Lösungskonzept einen Transport der Daten zwischen den teilnehmenden Systemen und stellt ihn zur Verfügung [Bu03].

Müller [Mü05] nennt drei *Hauptintegrationsformen* von EAI:

- **Application-to-Application (A2A)-Integration:** Die A2A-Integration bezeichnet die Integration von Anwendungen, die sich innerhalb der Grenzen eines Unternehmens befinden. Es werden nur interne Systeme bzw. Anwendungen eines Unternehmens betrachtet.
- **Business-to-Business (B2B)-Integration:** Die B2B-Integration definiert die zwischenbetriebliche Anwendungsintegration. Infolgedessen werden bei der Anwendungsintegration die Unternehmensgrenzen überschritten.

- **Business-to-Consumer (B2C)-Integration:** Die B2C-Integration erfasst den Endkunden direkt als Anwender in den internen Unternehmensprozess.

Integrationstopologien definieren Kommunikationsarchitekturen, die der Integration von Anwendungen dienen. Sie lassen sich in Point-to-Point-Integration, Hub-and-Spoke-Integration und Bus-orientierte Integration differenzieren:

- ***Point-to-Point-Integration:*** Bei der Integration mittels der Point-to-Point-Architektur (*Peer-to-Peer-Architektur*) werden Anwendungen je nach Bedarf direkt miteinander verbunden. Sie sind immer paarweise integriert, sodass bei der Kommunikation zwischen ihnen ein direkter Datenaustauschmechanismus etabliert wird (siehe Abbildung 7). Dadurch greifen Anwendungen auf entsprechende Daten anderer Anwendungen zu. Im schlechtesten Fall sind bei einer Point-to-Point-Architektur mit der Anzahl von n Anwendungen $n * (n - 1) / 2$ Verbindungen notwendig, um eine vollständige Integration zu erzielen. Die Anzahl der Schnittstellen beträgt jedoch bis zu $n * (n - 1)$ [WRW00]. Mit der Zunahme von Anwendungen steigt so der Bedarf an Schnittstellen an. Der verursachte Aufwand beträgt $O(n^2)$, da bei jeder zusätzlich integrierten Anwendung die Anzahl der Schnittstellen quadratisch ansteigt [CHK+06]. Deshalb ist dieser Ansatz nur schlecht skalierbar. Dieses Konzept wird auch als „*Spaghetti-System*“ [MM08] bezeichnet, da bei einer Vielzahl von Anwendungen die Komplexität sehr hoch ist. Ein weiterer negativer Effekt ist ein hoher Aufwand bei Wartung und Betrieb [Mü05], bspw. beim Austausch einer Anwendung. Das Point-to-Point-Konzept bietet für kleine Integrationszenarien eine einfache Realisierungsmöglichkeit.

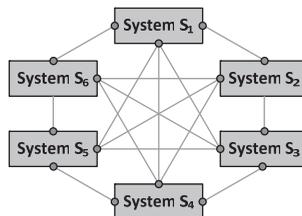


Abbildung 7: Point-to-Point-Topologie

- ***Hub-and-Spoke:*** Die Hub-and-Spoke-orientierte Integration verwendet eine zentrale Komponente mit der Bezeichnung *Hub* (Verteiler). Ein Hub besitzt jeweils eine Verbindung (*Spoke*) zu jeder dieser Anwendungen, die sternförmig als Netzknoten integriert wird (siehe Abbildung 8). Der zentrale Hub bildet das Herzstück dieser Architektur, da er für die gesamte Kommunikation zwischen den Anwendungen zuständig ist und die Steuerung und Überwachung des Datenaustauschs übernimmt. Er realisiert bspw. Mechanismen wie die Umformung der Daten oder das Routing³⁴ der Nachrichten, die für den Datenaustausch erforderlich sind. Bei einem Integrationszenario mit n Anwendungen werden lediglich n Schnittstellen benötigt und jede weitere Anwendung, die neu hinzugefügt wird, erhöht diese Zahl um eins. Im Gegensatz zu der Point-to-Point-Integration wird mit Hub-and-Spoke der Aufwand

³⁴ Beim *Routing* wird ein Weg festgelegt, den die Nachricht in Folge eines Datenaustauschs nehmen soll.

auf $O(n)$ gesenkt. Eine weitere positive Wirkung ist die Steigerung der Flexibilität, da sie die Möglichkeit bietet, dass Anwendungen isoliert eingeführt, modifiziert oder ersetzt werden können [Ka02a]. Im Weiteren erleichtert diese Form der Architektur den Wartungs- und Betriebsaufwand. Der essentielle Nachteil dieser Technologie stellt die zentrale Komponente dar. Ihre Fehleranfälligkeit oder ihr Ausfall haben zur Folge, dass das Gesamtsystem beeinträchtigt wird (*single point of failure*).

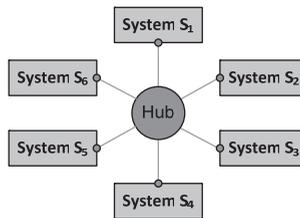


Abbildung 8: Hub-and-Spoke-Topologie

- *Bus-orientierte Integration*: Diese Form der Integrationsarchitektur verwendet als Grundlage für die Datenübertragung ein Bus-System und bildet es als zentrales Bindeglied zwischen den Anwendungen ab. Über eine Master/Slave-Beziehung tauschen die Applikationen untereinander Daten aus [Mü05]. Jede Anwendung ist durch einen Adapter mit dem Bus verbunden, der z. B. Transformationen der Daten vornimmt (siehe Abbildung 9). Die Nachrichtentransformationen als auch das Prozessmanagement werden auf die neu integrierten Anwendungen verteilt und dezentral organisiert [WRW00]. Die Bus-orientierte Integration wird auch als *verteilte Architektur* bezeichnet. Sie erfordert im Gegensatz zum Point-to-Point-Konzept eine deutlich niedrigere Schnittstellenzahl. Wie auch bei der Hub-and-Spoke-Architektur ist die Zahl der benötigten Schnittstellen gleich der Zahl der Anwendungen, die integriert werden. Gegenüber der Hub-and-Spoke-Technologie ermöglicht die Bus-orientierte Integration eine bessere Skalierbarkeit und Lastverteilung [Mü05]. Des Weiteren bietet dieser Ansatz ohne eine zentrale Komponente eine höhere Robustheit und Ausfallsicherheit, da das „*Single Point of Failure*“-Problem nicht gegeben ist. Ein negativer Aspekt der Bus-orientierten Architektur ist der hohe Aufwand für die Koordination und Verwaltung der dezentral verteilten Anwendungen.

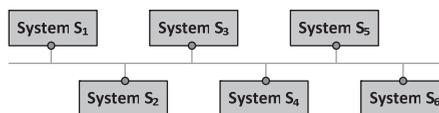


Abbildung 9: Bus-orientierte Topologie

2.6.3.2 Service-orientierte Architekturen (SOA)

Das Paradigma der Service-orientierten Architektur (Service oriented Architecture (SOA)) [LK08, Me10, OASIS06a] bietet ein flexibles Konzept für die Anwendungsintegration. Eine effiziente Integration von heterogenen Anwendungssystemen unterschiedlicher Tech-

nologien und Plattformen wird über das *Serviceorientierte Computing (SoC)* realisiert. Die Service-orientierte Architektur bietet eine Systemarchitektur, die standardisierte Funktionen für das Anbieten, Suchen und Nutzen von Diensten über ein Netzwerk bereitstellt. Geschäftsprozesse werden auf der Basis von SOA flexibel realisiert [CHK+06]. Die Entwicklung Service-orientierter Architekturen dient als informationstechnische Unterstützung des Geschäftsprozessmanagements [Er04]. SOA vermeidet direkte Aussagen zur Nutzung bestimmter Technologien und ist damit ein technologieunabhängiges Konzept [KBS07]. In der Literatur wird diese Eigenschaft als Hauptnutzen einer SOA angesprochen [Be06]. In Bezug auf die Anwendungsintegration wird SOA als Nachfolger von klassischen EAI-Architekturen gesehen [Jo08]. Im Gegensatz zu EAI bietet SOA eine *lose Kopplung* von Komponenten und unterstützt die Umsetzung von EAI-Konzepten [Me10]. Bei Bedarf bindet der Aufrufende erst zur Laufzeit den benötigten Dienst ein, der zunächst zu suchen und zu finden ist. Daraus resultiert ein dynamischer Prozessverlauf, bei dem die Beteiligten größtenteils voneinander entkoppelt sind. Dieser Vorgang wird auch als *dynamisches Binden* bezeichnet [Me10]. So können die aufgerufenen Services ausgetauscht oder modifiziert werden, ohne dass andere Anwendungen bzw. Services verändert werden müssen.

Die technische Umsetzung von Diensten leisten verschiedene Technologien, doch die *Web Service-Technologien* erzielen die höchste Praxisrelevanz. Ihre verwendeten Datenformate, Schnittstellen und Protokolle sind von wichtigen Standardisierungsorganisationen wie OASIS und W3C durchgehend standardisiert und weisen so eine hohe Interoperabilität auf. Der Begriff *Web Service* spielt eine zentrale Rolle in einer SOA. Ein Dienst ist ein Web Service, der eine definierte Schnittstelle (veröffentlichte, standardisierte Schnittstellenbeschreibung) zur Verfügung stellt, die vom Konsumenten in Anspruch genommen wird. Sie enthält Details bzgl. der Verwendung, ohne die interne Realisierung offen zu legen. Damit wird eine Datenkapselung (*Information Hiding*) erreicht. Die Schnittstellenbeschreibung erfolgt bspw. mit Hilfe der *Web Service Description Language (WSDL)* [W3C07b]³⁵. Aus technischer Sicht ist ein Web Service eine durch WSDL beschriebene Softwarekomponente, die mit anderen Web Services Nachrichten im XML-Format über ein standardisiertes Übertragungsprotokoll austauscht. Der Austausch von Daten erfolgt über synchrone oder asynchrone Transportmechanismen. Ein Web Service ist wiederverwendbar und kann einen Teil eines Geschäftsprozesses realisieren. Web Services fördern aufgrund ihrer losen Kopplung und der Wiederverwendung generischer Schnittstellen die Flexibilität von (unternehmensübergreifenden) IT-Systemen.

Innerhalb einer SOA können unterschiedliche Rollen und Aufgaben identifiziert werden [Me10]:

- Der *Dienstanbieter* stellt einen oder mehrere Web Services zur Verfügung und beschreibt sie als WSDL-Dokument.

³⁵ *WSDL* spezifiziert die Beschreibung der Schnittstelle eines Web Services für seinen Aufruf. Mit Hilfe von WSDL-Dokumenten werden das Interface eines Web Services (die öffentlich aufrufbaren Methoden und ihre technischen Eigenschaften), die unterstützten Transportprotokolle und die Struktur der auszutauschenden Nachrichten spezifiziert.

- Der *Dienstanbieter* ist eine Anwendung oder ein anderer Web Service, der einen vom Dienstanbieter bereitgestellten Web Service in Anspruch nimmt. Er informiert sich über den Anbieter und den Dienst und kann mit dem Dienst kommunizieren. Ein Web Service tauscht mit anderen Web Services Nachrichten im XML-Format über ein standardisiertes Übertragungsprotokoll *SOAP*³⁶ [W3C07a] über synchrone (z. B. *HTTP* [W3C11b]) oder asynchrone (z. B. *SMTP* [IET01]) Transportmechanismen aus.
- Der *Verzeichnisdienst* stellt Web Services von einem Dienstanbieter bereit und übernimmt die Aufgabe eines Vermittlers zwischen Dienstanbieter und Dienstnutzer. Er ermöglicht das Auffinden eines gewünschten Web Services. Web Services werden über einen Verzeichnisdienst *Universal Description, Discovery and Integration (UDDI)*³⁷ von einem Dienstanbieter für einen Dienstnehmer bereitgestellt [Pa07].

Die Service-orientierte Architektur (Abbildung 10) wird am Beispiel von Web Services verdeutlicht.

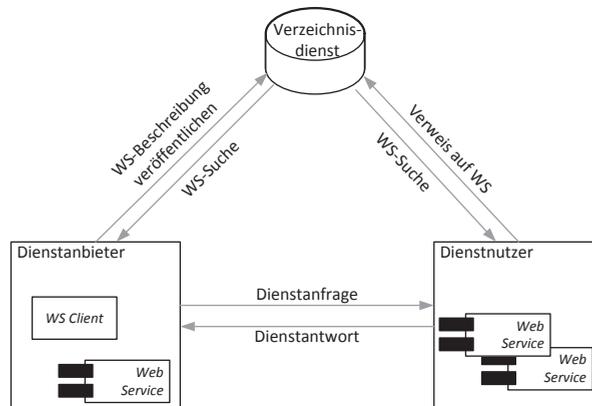


Abbildung 10: Zusammenspiel von Dienstanbieter, Dienstnutzer und Verzeichnisdienst

Verschiedene Arbeiten aus der Literatur definieren diese formale Semantik beispielsweise durch Umsetzung auf Petri-Netze [NM03] oder Subtyp-Polymorphismus [AHS02]. Um EAI und Business-to-Business-Integration (B2B) mit Web Services umzusetzen, werden Methoden zur *Komposition* (Zusammenfügen von mehreren Web Services) von Web Services benötigt. *Choreographie* und *Orchestrierung* beschreiben Unterbegriffe der Komposition und damit konkrete Ausprägungen. Es wird wie bei Workflowmanagementsystemen

³⁶ *SOAP* definiert ein XML-basiertes Nachrichtenprotokoll für die grundlegende Service-Interoperabilität zur Regelung des Austauschs strukturierter Informationen in einer dezentralisierten verteilten Umgebung [W3C07d] und spezifiziert einen Rahmen für den Aufbau und den Austausch XML-basierter Nachrichten.

³⁷ *UDDI* stellt Beschreibungen und Meta-Information über implementierte Dienste den potenziellen Dienstnutzern zur Verfügung. Anhand dieser Informationen können sie nach Diensten suchen und den geeignetsten Dienst für eine spezifische Aufgabe auswählen. Im Rahmen der Komposition von Web Services mit WS-BPEL sind bestimmte Dienste wie eine Registrierung bei UDDI nicht zwingend notwendig, da zur Implementierung des Prozesses alle beteiligten Web Services von Anfang an bekannt sein müssen [OASIS04].

die Prozess- von der Anwendungslogik getrennt. Für jeden zu unterstützenden Prozesstyp ist eine Beschreibung definiert, die festlegt, welche Web Services in welcher Reihenfolge und unter welchen Bedingungen ausgeführt werden. *Web Service-Kompositionen* beschreiben Prozessstrukturen, indem sie eine Menge von individuellen Diensten zueinander in Relation setzen. Im Ergebnis einer Servicekomposition steht eine Menge von Services, die jeweils eine Prozessaktivität beschreibt. Web Service-Kompositionen werden als eine Implementierung von Workflows in Service-orientierten Softwareumgebungen angesehen [ACK+04, RS04b]. Eine Komposition von Web Services erfolgt durch die Koordinationsmuster Orchestrierung oder Choreographie:

- Eine *Orchestrierung* bezeichnet die zentral gesteuerte Ausführung von Web Services nach einer konkreten Prozesslogik durch eine bestimmte Abfolge von Aktivitäten. Das Orchestrierungsmuster eignet sich besonders für die Komposition von Web Services zur Realisierung unternehmensweiter Abläufe, die a priori definiert werden.
- Eine *Choreographie* ist vom W3C [W3C06c] definiert als die Beschreibung eines kollaborativen Geschäftsprozesses durch Interaktionen sowie auftretende Abhängigkeiten zwischen teilnehmenden Web Services. Eine Choreographie beschreibt zulässige Nachrichtenabfolgen zwischen einem Partner oder mehreren in Business-to-Business-Szenarien [Al08, De09]. Abhängigkeiten bestehen bzgl. Kontroll- und Datenfluss, Nachrichtenkorrelation und transaktionalen Bedingungen [HB04]. Eine Choreographie stellt eine andere Sicht auf eine Kollaboration dar, da die Reihenfolge des Dokumentenaustausches vordergründig und damit unabhängig von den Geschäftsprozessen betrachtet wird.

In vielen Anwendungsfällen findet eine Kombination beider Koordinationsmuster ihre Anwendung, indem interne Prozesse nach dem Prinzip der Orchestrierung ausgeführt und die Schnittstellen in unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen durch eine Choreographie koordiniert werden. Die Choreographie ist einzusetzen, um aus mehreren orchestrierten Prozessen einen übergreifenden Geschäftsprozess zu definieren. Sie dient als Bindeglied zwischen verschiedenen Orchestrierungen. Um ankommende Nachrichten zu verarbeiten bzw. Nachrichten zu generieren, wird die konkrete Komposition von Web Services bei den Partnern unter Berücksichtigung der durch die Choreographie definierten Schnittstellen entwickelt [SB11].

3 Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse und Prozessobjekte

In Kapitel „*Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse und Prozessobjekte*“ werden die Grundlagen der Metamodellierung sowie der Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten erläutert. Der *Abschnitt 3.1* führt in die Modellierung ein. Metamodelle, Geschäftsprozessmodelle und Informationsmodelle werden vorgestellt. Geschäftsprozessmodellierungssprachen für die Modellierung von Geschäftsprozessen sind in *Abschnitt 3.2* detailliert erläutert. Für die Modellierung von Geschäftsprozessen werden Petri-Netze, gängige Ansätze wie *Klassendiagramme* der *Unified Modeling Language (UML)* [BRJ07, OMG11a] und *Business Process Modeling Notation (BPMN)* [OMG11e] ausgeführt. Weitere Geschäftsprozessmodellierungssprachen wie *Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK)* [Sc01, Sc02a], *XML Process Definition Language (XPDL)* [WfMC08] und *Web Service Business Process Execution Language (WS-BPEL)* [OASIS07a] werden angesprochen. Die *Modellierung von Prozessobjekten* in *Abschnitt 3.3* führt an die semantischen Modellierungsansätze heran und legt einen Schwerpunkt auf die XML-basierte Modellierung mit dem *XML-Schema-Modell (XSM)* [Le03a, LO01, LO03].

3.1 Modellierung

Unter dem Begriff *Modellierung* wird die Beschreibung von Sachverhalten unter Verwendung einer Modellierungssprache verstanden. Die Modellierung, die Erstellung von *Modellen*, ist unter den Aspekten *Entwurfsaspekte*, *Analyseaspekte*, *Testaspekte* und *Abstraktion* zu betrachten [Ba97]. Ein Modell ist ein materielles oder immaterielles Abbild der Realwelt [BRS95]. In Modellen wird bewusst die Realität auf einen definierten Ausschnitt reduziert. Komplexe Sachverhalte lassen sich elementar darstellen, um sie besser verstehen, grundlegender analysieren und schneller kommunizieren zu können. Modelle sind daher Hilfsmittel zur Erklärung und Gestaltung realer Systeme. Ein *System* stellt eine Menge von Elementen dar, zwischen denen bestimmte Beziehungen bestehen oder die nach bestimmten Regeln verwendet werden. Ein *dynamisches System* ist ein System mit Interaktionen zwischen den Elementen des Systems. Elemente eines *offenen dynamischen Systems* haben auch Beziehungen zu anderen Elementen in der Systemaußenwelt. Transaktionen innerhalb und zwischen Unternehmen beschreiben ein offenes dynamisches System, dessen Interaktionen durch *Güterflüsse*, *Materialflüsse*, *Ressourcenflüsse* und *Datenflüsse* bestimmt sind [Kr10, SM08].

In einem Modell werden spezifische Sachverhalte unter Verwendung einer geeigneten Beschreibungssprache und das Ergebnis der Beschreibung modelliert. Das Modell ist die Beschreibung aller relevanten Aspekte eines Systems unter Verwendung eines Beschreibungsmodells (z. B. eines Metamodells oder einer Grammatik). Die Abstraktion eines modellierten Realitätsausschnitts erfasst die Auswahl aller für den Modellierungszweck relevanten Faktoren und bestimmt die Angemessenheit eines Modells. Ein Geschäftsprozess wird als ein Modell des realen oder zukünftigen Prozesses dargestellt, indem die wirkli-

chen Gegebenheiten und wesentlichen Elemente des Prozesses und deren Abhängigkeiten abgebildet werden. Durch *Sichten* können Modellierungselemente in Modellen wie der Aufbau einer Organisation mit Ressourcen, Rollen und Informationsobjekten zugeordnet werden. In der *Organisationssicht* werden Organisationseinheiten, Ressourcen und Rollen betrachtet. Die *Funktionssicht* bildet Aufgaben ab und ordnet sie Organisationseinheiten zu. Mit einfachen und komplexen Strukturen von Informationsobjekten befasst sich die *Informationssicht*. Die *Steuerungssicht* fasst die Organisations-, Funktions- und Informationssicht zusammen.

3.1.1 Metamodelle

Auf dem Gebiet der angewandten Informatik werden Systeme schematisch abgebildet, um sie besser zu verstehen und zu analysieren. Systeme können in diesem Zusammenhang real existierende Strukturen sein. Da sich ein komplettes System nur schwer in seiner vollen Gesamtheit erfassen lässt, wird es auf bestimmte, zu untersuchende Bereiche eingeschränkt. Zu Beginn dieser Modellierungsprojekte ist die Auseinandersetzung mit der Realwelt gefordert. Ein *Realweltphänomen* bezeichnet die noch nicht modelltechnisch strukturierte Wahrnehmung zu Beginn der Modellierung. Strukturierte Realweltphänomene, die mit Informationen versehen sind, werden auch als abstrakt bezeichnet. Durch die Abbildung von Ausschnitten aus der Realwelt werden konkrete Modelle gebildet. Dabei erfolgt die Betrachtung derjenigen Attribute, die als relevant erkannt und erfasst werden. Realweltphänomene werden zu Objekten, denen identifizierende Attribute zuordnet sind [St09]. Das Design eines passenden *Metamodells* einer spezifischen Domäne ist ein zentraler Aspekt in der Entwicklung von komplexen Softwaresystemen [Fo03]. Nach dem Metaisierungsprinzip³⁸ sind Metamodelle Modelle von Modellen [Je00]. Ein Metamodell drückt eine gewählte Abstraktionsebene über der tatsächlichen Modellebene aus [Kü05].

Bei einem Metamodell handelt es sich nach Frank [Fr99] um Sprachbeschreibungen. Ein Metamodell beschreibt die Syntax, Notation und Semantik einer Sprache [KV11]. Es erfasst modellhaft spezifische Aspekte von konzeptuellen oder formalen Beschreibungsmodellen, zeichnet die mögliche Struktur von Modellen auf und definiert damit in abstrakter Weise die Konstrukte einer Modellierungssprache, ihre Beziehungen untereinander sowie Gültigkeits- bzw. Modellierungsregeln. Die abstrakte Syntax bestimmt die Elemente eines Metamodells und ihre Beziehungen zueinander. *Constraints* (statische Semantik) werden für ein Modell festgeschrieben, um die Konformität dieses Modells zu überprüfen. Eine domänenspezifische Sprache wird in einem Metamodell durch eine konkrete Syntax determiniert. Die Bedeutungen der Sprachelemente (Semantik) sind in einer formalen Spezifikation festzuhalten. Begriffe der Modellentwicklung sowie deren Konzepte und Zusammenhänge zueinander stellt die Abbildung 11 dar. Eine Domäne kann durch unterschiedliche Modelle vertreten werden und bietet einen Rahmen für ein Themengebiet oder einen Wissensbereich, um die Komplexität und die Abgrenzung der Sichtweise zu bestimmen [St07b]. Im Sinne der Modellierung bilden Modelle eine klar definierte Struktur ab, die

³⁸ Strahinger [St96a] prägt den Begriff der *Metaisierung* bzw. des *Metaisierungsprinzips* für die Modellbildung über Abstraktionsebenen hinweg. Das Metaisierungsprinzip legt dabei fest, über welchen Aspekt abstrahiert wird.

eine bestimmte Bedeutung hat. Die Definition der Anforderungen an das Modell verlangt eine weitere Verarbeitung beispielsweise durch informationstechnische Systeme. Da ein Modell zur Abbildung nur bestimmte Aspekte betrachtet, sind verschiedene Modelle zu demselben System möglich. Sie können durch einen mehr oder weniger ausgeprägten Detaillierungsgrad unterschiedliche Abstraktionsstufen darstellen. Aktuelle modellgetriebene Prozesse und Technologien sind charakterisiert durch die Verwendung einerseits von formalen Modellen auf der Abstraktionsebene über der spezifischen Implementierungsplattform und andererseits von Modelltransformationen, um die Implementierungslücke zwischen einem abstrakten Modell und einer Implementierungsplattform zu überbrücken [Bä09].

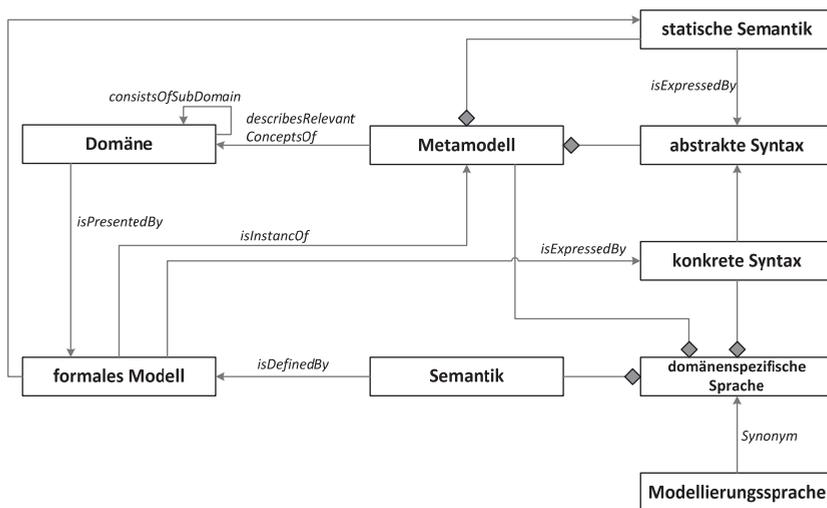


Abbildung 11: Begriffe der Modellentwicklung [St07b]

Aspekte der Modellierung werden in *prozessbasierten* oder *sprachbasierten* Metamodellen dargestellt [St96]. Prozessbasierte Metamodelle beschreiben den Vorgang der Modellierung mit einer bestimmten Modellierungsmethode. Es sind ablaufbeschreibende Modelle, die Handlungsanweisungen und Vorgaben zur Reihenfolge für die Erstellung eines Modells spezifizieren. Beispiele von prozessbasierten Metamodellen sind ARIS [Sc01] oder das semantische Objektmodell [FS90]. Sprachbasierte Metamodelle werden im Rahmen der Entwicklung von Modellierungssprachen definiert. Elemente einer Modellierungssprache und ihre Beziehungen sind in einem Modell dargestellt. Dieser Aspekt spielt besonders bei der Entwicklung von domänenspezifischen Sprachen eine zentrale Rolle. Das Metamodell ist auf abstrahierte Konzepte der Domäne und deren Beziehungen abgestimmt. Beispiele von sprachbasierten Metamodellen sind die Unified Modeling Language [OMG11a] oder das Common Warehouse Metamodel [OMG03a]. Das zu erstellende Modell sowie auch dessen benutzte Sprache sind auf eine bestimmte Betrachtungsweise ausgerichtet. Der Wörterumfang des Metamodells drückt die im Modell verwendeten Möglichkeiten zur Abbildung des Systems aus. In Bezug auf Metamodelle bilden so genannte Metametamo-

delle³⁹ die modellhafte Abbildung einer solchen Metasprache. Mit Hilfe der objektorientierten Theorie werden Modelle typischerweise von einem Anwendungs- oder Gegenstandsbereich erstellt. Die Existenz vieler Standards und die entwickelten Ansätze für die Metamodellierung fordern Metamodelle und ihre Anwendung für ein aktives Feld in der Forschung [KK02].

Ein *domänenspezifisches Metamodell* definiert die syntaktischen und semantischen Grundlagen für die Entwicklung einer domänenspezifischen Modellierungssprache (*Domain Specific Language (DSL)*) [FP10, Se09a]. Domänenspezifische Modellierungssprachen dienen einer effizienteren Beschreibung von Strukturen und Verhaltensweisen von Systemen in den entsprechenden Domänen. Transformationen überführen Modelle in einen ausführbaren Code. Um ausdrucksstarke, semantisch eindeutige und damit transformierbare Domain Specific Languages erstellen zu können, muss der Gültigkeitsbereich der jeweiligen Domäne ausreichend stark eingeschränkt werden. Die Konzepte von Domänen sowie ihre Zusammenhänge werden durch Metamodelle spezifiziert und kommen so in instanzierter Form in den Modellen vor, um die konkreten Inhalte der Domäne auszudrücken. Jedes Element bzw. jede Klasse eines Modells ist eine Instanz eines Elements bzw. einer Klassen des betreffenden Metamodells. Eine geeignete konkrete Syntax kann mithilfe grafischer (z. B. *UML* [OMG11a]) und *Ecore* [SBP+09]) oder textueller Darstellung (z. B. *XML-Schema*) abgebildet werden. Die *Model Driven Architecture (MDA)* [OMG03b] bezeichnet einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz, um aus einem Modell Implementierungen für verschiedene Plattformen zu generieren. Sie ist eine Spezialisierung der modellgetriebenen Softwareentwicklung *Model-Driven Software Development (MDS)* [SVE+07]. Die modellgetriebene Softwareentwicklung ermöglicht durch die Verwendung von Modellen und Generatoren eine Verbesserung und eine effizientere Ausgestaltung der Softwareentwicklung. MDA verfolgt das Ziel, die Lücke zwischen Modell und ausführbarem Code zu schließen und sieht eine konsequente Trennung zwischen dem fachlichen Modell *Computation Independent Model (CIM)*, implementierungsunabhängigen Modell *Platform Independent Model (PIM)* und plattformspezifischen Modell *Platform Specific Model (PSM)* vor. Mit Hilfe von Transformationsregeln zwischen PIM, PSM und Code werden gezielt Änderungen im Softwareentwicklungsprozess auf einzelnen Abstraktionsebenen vorgenommen. Für Modell-zu-Modell-Transformationen liegt die Transformationssprache *QueryViews/Transformationen (QVT)* vor, die als Standard der OMG für Modell-zu-Modell-Transformationen definiert ist.

Die MDA unterscheidet vier Abstraktionsebenen der Modellierung, die durch *Meta Object Facility (MOF)* [OMG11b] beschrieben werden. MOF bildet eine Metadaten-Architektur ab und definiert ein Meta-Meta-Modell als Kernbestandteil. Es ist das Ziel der MOF, Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Metamodellen durch die Erstellung einer allgemeinen Grundlage für Metamodelle zu erreichen. MOF bietet die Grundlage für eine Vielzahl automatisierter und teil-automatisierter Anwendungen zur Transformation von Modellen [BP01]. Die Spezifikation beinhaltet die Beschreibung des MOF-Metametamodells zur Spezifizierung, Erstellung und Verwaltung von technologieneutralen

³⁹ Ein *Metamodell* ist ein Modell eines Modells. Stellt das Modell selbst ein Metamodell dar, ist das Metamodell dazu ein *Metametamodell*.

Metamodellen. Sie definiert die vier Ebenen *Metametamodell* (M_3) (Definition und Beschreibung für Meta-Modellspezifikationen), *Metamodell* (M_2) (Definition von Modelldiagrammen, Elementen und Typen), *Modell* (M_1) (Spezifikation einer konkreten Anwendungsdomäne) und *Objekte* (M_0) (Instanzen der Domänenmodelle zur Laufzeit). Abbildung 12 zeigt die vier Abstraktionsebenen der Modellierung im Zusammenhang. Modelle auf der Ebene M_0 sind Instanzen von Ebene M_1 und beschreiben die Ausprägungen eines bestimmten Modells. Zur Vereinfachung der Modelle werden in einem Modell der Ebene M_1 gleichartige Entitäten der Ebene M_0 zusammengefasst. Ebene M_1 enthält alle Arten von Modellen, ist eine Instanz der Ebene M_2 und definiert die Sprache zur Beschreibung der Domäne. Beispielsweise wird bei der objektorientierten Modellierung eine Menge ähnlicher Objekte durch eine Klasse repräsentiert. Entsprechend lässt sich eine Menge ähnlicher Geschäftsprozesse durch ein Geschäftsprozessmodell darstellen. Ein Modell der Ebene M_1 wird durch ein Metamodell der Ebene M_2 beschrieben. Ein Metamodell der Ebene M_2 ist eine Instanz eines Metametamodells auf der Ebene M_3 und definiert die Sprache zur Beschreibung der Modelle. Die Ebene M_2 ist das zentrale Element der UML und legt die Konzepte fest, die bei der Modellierung mit UML verwendet werden. Die Ebenen M_0 , M_1 und M_2 spielen bei der Entwicklung und der Analyse komplexer IT-Systeme eine wichtige Rolle [We07]. In der Praxis haben sich die vier Abstraktionsebenen der Modellierung zur Umsetzung einer MDA weitgehend etabliert [KK02].

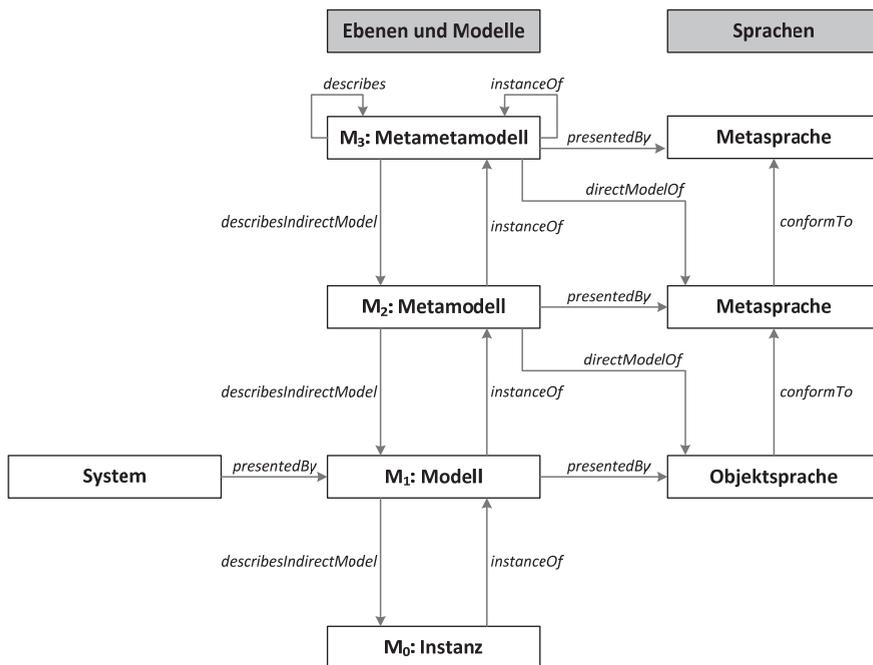


Abbildung 12: Abstraktionsebenen der Metamodellierung gemäß dem MDA-Ansatz (in Anlehnung an [St96])

Die *Unified Modeling Language (UML)* [BRJ07, OMG11a], *Ecore* [SBP+09] und *CWM*⁴⁰ [OMG03a] sind Beispiele für Sprachen, die durch Metamodelle beschrieben werden. Seit der Version 2.0 definiert die *Unified Modeling Language (UML)* die Schichten *Metamodell*, *Metamodell*, *Modell*, und *Objekt*. Diese hierarchischen Modellebenen korrespondieren mit MOF (siehe Abbildung 13). Zur Datenspeicherung der Modelle mit den Modellebenen M_2 , M_1 und M_0 wird vorwiegend *XML Metadata Interchange (XMI)*⁴¹ [OMG05, OMG11f], ein Extensible Markup Language (XML)-Format der OMG zum Austausch von Metadaten, genutzt.

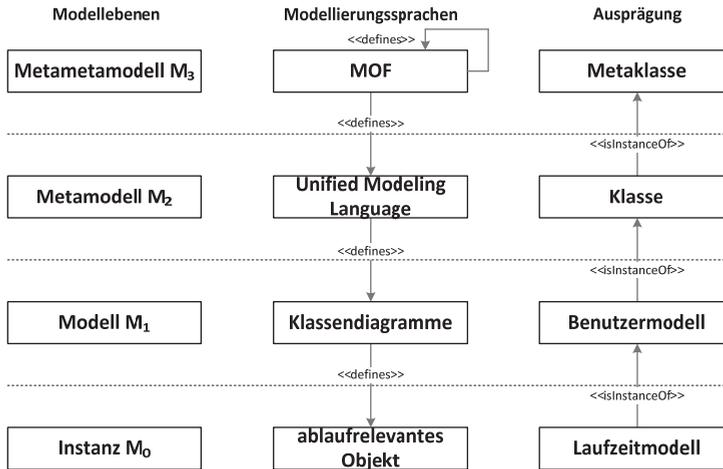


Abbildung 13: Korrespondierende Modellebenen zu UML

3.1.2 Geschäftsprozessmodelle

*Geschäftsprozessmodelle*⁴² werden unter der Anwendung einer Modellierungssprache gebildet. Ein Geschäftsprozessmodell repräsentiert den Typ eines Geschäftsprozesses⁴³ und dient der Beschreibung von Geschäftsprozessen und prozessrelevanter Prozessobjekte als zentrales Instrument zur Analyse und Verbesserung der Geschäftsprozesse. Es unterstützt die Beschreibung eines Geschäftsprozesses mit Hilfe der Syntax und Semantik der Modellierungssprache. Eine Geschäftsprozessinstanz repräsentiert eine konkrete Ausprägung

⁴⁰ Das *Common Warehouse Metamodel (CWM)* ist ein von der Object Management Group (OMG) entwickelter Standard für Metadaten und dient der Interoperabilität zwischen verschiedenen Data-Warehouse-Systemen und -Werkzeugen [OMG03a].

⁴¹ *XML Metadata Exchange (XMI)* ist ein Standard der Object Management Group (OMG) und wird als Austauschformat zwischen Software-Entwicklungswerkzeugen (z. B. Eclipse Modeling Framework, EMF) verwendet. Das offene Format gestattet den Datenaustausch von Objekten auf der Basis von Metamodellen nach der Meta-Object Facility (MOF) [OMG11b].

⁴² Der Begriff *Schema (Geschäftsprozessschema)* wird in der Literatur synonym zu dem Begriff *Modell (Geschäftsprozessmodell)* verwendet. Im Rahmen der Arbeit wird im weiteren Verlauf der Begriff des Modells genutzt.

⁴³ Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die Begriffe *Geschäftsprozessmodelle*, *Prozesse* und *Geschäftsprozesse* synonym verwendet.

eines Geschäftsprozessmodells. Die Beschreibung und Definition von *Geschäftsprozessmodellen* in dieser Arbeit orientiert sich an der Definition von Oberweis [Ob96a]:

Definition 3.1: *Geschäftsprozessmodell*

Ein *Geschäftsprozessmodell* beschreibt die Struktur eines Geschäftsprozesses inklusive *Kontrollfluss* (Ausführungsreihenfolge der Aktivitäten) und *Datenfluss* (Datenaustausch zwischen den Aktivitäten).

Alle möglichen Pfade entlang des Geschäftsprozesses, die Regeln für die Wahl der Pfade sowie alle auszuführenden Aktivitäten werden durch das Geschäftsprozessmodell bestimmt.

Die *Geschäftsprozessmodellierung* kann als eine Aufgabe der Unternehmensgestaltung und als Kern des Business Engineering verstanden werden. Geschäftsprozessmodelle dienen als Schnittstelle beim Entwurf von Informationssystemen. Dabei kommt den deskriptiven Modellen der zu unterstützenden Geschäftsprozesse eine zentrale Bedeutung zu. In frühen anwendungsorientierten Projektphasen bilden deskriptive Modelle die Grundlage für die spätere Umsetzung und Implementierung. Die Informationstechnologie benutzt Modelle, um betriebliche Anwendungssysteme adäquat zu beschreiben und die Entwicklung dieser Systeme zu planen. Geschäftsprozessmodelle dienen der Analyse, Dokumentation, Gestaltung, Lenkung und Planung von Geschäftsprozessen als Grundlage für die automatisierte Bearbeitung oder Unterstützung von Geschäftsprozessen sowie der Unterstützung der Kommunikation über Geschäftsprozesse [Ob96a]. Ein Geschäftsprozessmodell beschreibt die Aktivitäten, deren Reihenfolge und die zur Ausführung benötigten Ressourcen. Die Ausführung von Geschäftsprozessen wird von einem Informationsfluss begleitet, indem Daten entstehen, ausgetauscht und weiterverarbeitet werden. Der Detaillierungsgrad von Geschäftsprozessmodellen muss im Kontext des Entwurfs von Informationssystemen durch ein Werkzeug zur Modellierung und Analyse unterstützt werden. Für die Komplexitätsbeherrschung von Modellen lassen sich Modellentwurfstechniken unterscheiden:

- *Bottom-Up-Ansatz*: Über einzelne Aktivitäten eines Prozesses wird das Geschäftsprozessmodell sukzessive durch die Zusammenfassung von Aktivitäten zu Teilprozessen und Geschäftsprozessen erstellt.
- *Top-Down-Ansatz*: In einem abstrahierten Geschäftsprozess werden einzelne Prozesskomponenten über Teilprozesse und Aktivitäten sukzessiv verfeinert. Durch eine *Top-Down-Modellierung* aus einer funktionsorientierten Perspektive lassen sich Geschäftsprozesse in unterschiedliche Prozesskategorien unterteilen.
- *Modularisierung*: Ein Geschäftsprozessmodell wird in einzelne Module zerlegt, die unabhängig voneinander modelliert und zusammengesetzt werden.

Geschäftsprozessmodelle werden aus *fachlicher* und *technischer* Sicht modelliert, um sie auf der fachlichen Ebene korrekt in Ablaufmodelle abzubilden und IT-Systeme auf der technischen Ebene in die Prozesse einzubinden. Es ist das Ziel, eine einheitliche Sicht auf die Unternehmensabläufe für alle Prozessbeteiligten zu schaffen. Eine mehrstufige Vorgehensweise unterscheidet ein fachliches, fachlich-technisches und ein technisches Geschäftsprozessmodell. Die fachliche Spezifikation bildet logische Abläufe aus fachlicher Sicht ab. Für die sukzessive Überführung von fachlichen Prozessbeschreibungen in techni-

sche sind technische Aspekte zu berücksichtigen. Es ist ein Abgleich der fachlichen Prozessbeschreibung mit den zur Verfügung stehenden Diensten oder Systemtransaktionen notwendig. Stehen auf der Aggregationsebene des modellierten Prozesses keine adäquaten Dienste oder Systemtransaktionen zur Verfügung, ist der Prozess weiter zu verfeinern, bis die Granularitäten von Prozess und Diensten oder Systemtransaktionen korrespondieren. Geschäftsprozessmodelle zur Beschreibung von Serviceprozessen und Serviceobjekten werden als *Serviceprozessmodelle* bezeichnet. Für die Modellierung von Geschäftsprozessen lassen sich nach Oberweis [Ob96a] folgende Gründe anführen:

- *Dokumentation von Geschäftsprozessen*: Die formale Dokumentation von manuellen, semi-automatisierten und automatisierten Geschäftsprozessen schafft die Grundlage für die Analyse, Steuerung und Kontrolle in Unternehmen und bildet die Vorlage für die spätere Umsetzung der Prozesse in Unternehmen.
- *Analyse von Geschäftsprozessen*: Die Analyse von Geschäftsprozessen dient der Restrukturierung vorhandener Prozesse. Analysen zur Überprüfung der Einhaltung von Modellierungsregeln, Ausführungs- und Wartezeiten oder Prozesskosten werden durchgeführt. Die Simulation ermöglicht die Identifikation bestehender Engpässe und Fehlerquellen und erlaubt die Validierung von Prozessen und die Erreichbarkeit bestimmter Zustände bzw. die Wahrscheinlichkeiten, diese Zustände zu erreichen. Dadurch wird die Planung von Geschäftsprozessen unterstützt und verbessert. Inkonsistenzen, Redundanzen und die syntaktische Korrektheit werden anhand der Modelle untersucht.
- *Planung von Geschäftsprozessen*: Die integrative Modellierung von Geschäftsprozessen ermöglicht die Darstellung von Geschäftsprozessen und Prozessobjektstrukturen durch Geschäftsprozessmodelle und Datenmodelle.
- *Entwurf von Informationssystemen*: Die Modellierung und der Entwurf von Geschäftsprozessmodellen bilden die Vorstufe einer Implementierung und damit der Automatisierung von Abläufen in betrieblichen Anwendungssystemen. Die entwickelte Software zur Unterstützung von Geschäftsprozessen wird unter dem Einsatz von Prozessmodellen implementiert.
- *Unterstützung durch Workflowmanagementsysteme*: Die formale Modellierung und Beschreibung von Geschäftsprozessen dient als Vorstufe für die Ausführung dieser Abläufe durch die automatisierte Ausführung der Geschäftsprozesse (Workflowmanagement). Die präzise Modellierung von Geschäftsprozessen dient als Grundlage für eine teilweise oder vollständige Automatisierung.
- *Steuerung und Überwachung von Geschäftsprozessen*: Für die Steuerung der Prozessinstanzen ist die Modellierung die Basis. Die Modellierung von SOLL-Geschäftsprozessmodellen dient der Kontrolle konkreter Abläufe, um Abweichungen während der Ausführung zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten.

3.1.3 Informationsmodelle

Der in dieser Arbeit verwendete Modellbegriff legt den Fokus auf Daten- und Prozessstrukturen für die Gestaltung von betrieblichen Informationssystemen. Die Beschreibung einer Modellierungsmethode erfolgt in einheitlicher Form mit Hilfe der informationstech-

nischen Modellierung. *Informationsmodelle* werden in der wissenschaftlichen Literatur als Modelle betrachtet, die relevante Informationen eines betrieblichen Systems beschreiben [Sc98]. Mit Hilfe von Informationsmodellen lassen sich repräsentative Inhalte für einzelne Anwendungen beschreiben und konstruieren [Br03a]. Für die Wissenschaft und die Unternehmenspraxis wird ein wichtiger Lösungsbeitrag zu der beschriebenen Problemstellung geleistet. Ein Informationsmodell stellt ein spezielles, expliziertes Modell dar, das ein Informationssystem kennzeichnet [Pe10a]. Informationsmodelle haben sich als geeignetes Mittel zur Strukturierung komplexer Problembereiche etabliert. Die fachkonzeptionelle Spezifikation sieht vor, Systeme in einer formalisierten Sprache zu modellieren, ohne Implementierungstechnische Details oder Restriktionen zu berücksichtigen [Sc91, Te99]. Informationsmodelle sind das Ergebnis von Geschäftsprozessmodellen, die durch eine Modellierungssprache erstellt werden. Ein Informationsmodell ermöglicht eine eindeutige und durchgängige Überprüfung der Anforderungen in den modellhaften Methodenrahmen und bietet die Basis für die Umsetzung in ein Softwarewerkzeug für die Realisierung einer IT-gestützten (teil-)automatisierten Geschäftsausführung. Die Konzipierung des Informationsmodells formalisiert die Beschreibung der zugrunde liegenden Sachverhalte. Das aus dem Methodenrahmen für die Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenstrukturen auf der Basis der definierten Anforderungen hervorgehende Modellierungsziel begründet die Relevanz der in diesem Informationsmodell modellierten Informationen. Die *Informationsmodellierung* [Br03a] kennzeichnet ein spezielles Arbeitsgebiet der Modellierung zur Betrachtung von Informationsmodellen. Vom Brocke [Br03a] findet damit in der wissenschaftlichen Literatur vielfach Beachtung, z. B. bei Rosemann [Ro96] sowie Becker und Schütte [BS04b].

3.2 Modellierung von Geschäftsprozessen

Eine Geschäftsprozessmodellierungssprache ermöglicht die Beschreibung eines Geschäftsprozesses. *Modellbeschreibungs-* bzw. *Modellierungssprachen* werden in konzeptuellen Modellen wie in Geschäftsprozessen und Informationssystemen formal angewandt. Eine in Darstellung (*Syntax*) und Modellierungsweise (*Semantik*) strukturierte Modellierungssprache, ermöglicht die Beschreibung der Grundelemente eines Modells. Über die Semantik lassen sich Modellierungssprachen in *informale*, *semiformale* und *formale* Modellierungssprachen unterteilen. Formale Modellierungssprachen sind durch eine präzise Semantik und eine mathematisch fundierte Logik festgelegt, unterscheiden sich dadurch von informalen und semiformalen Modellierungssprachen, den Modellierungsnotationen, und weisen eine textuelle und grafische Syntax auf. Prozesselemente, Prozessobjekte, Prozesslogik und die Darstellung des Prozesses werden auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen abgebildet. In der Modellierungsphase sind unterschiedliche Gestaltungsalternativen auf der Grundlage eines Geschäftsprozessmodells zu modellieren. Anordnungsbeziehungen von Aktivitäten werden variiert und unterschiedlich modelliert. Die folgenden Beispiele von Modellierungssprachen legen einen Schwerpunkt auf die Modellierung mit Petri-Netzen.

3.2.1 Petri-Netze

Petri-Netze [Ba97, Re82, Re10a, St90] gehen auf die Veröffentlichung „*Kommunikation mit Automaten*“ [Pe62] von Carl Adam Petri zurück. Petri-Netze unterstützen die Darstellung von Systemen und Geschäftsprozessen auf verschiedenen Abstraktionsebenen (in Anlehnung an [DO96]). Mit ihnen lassen sich verteilte, diskrete Systeme modellieren, analysieren, simulieren und ausführen. Als signifikantes Merkmal von Petri-Netzen gilt die eindeutige graphische Darstellung und präzise Verhaltensbeschreibung der Systemeigenschaften. Petri-Netze gehören zu den formalen, grafisch-basierten Modellierungssprachen, dienen zur Modellierung von statischen und dynamischen Eigenschaften von Systemen, sind mathematisch formal fundiert und lassen sich durch eine einfache grafische Notation als Voraussetzung für die Analyse und Simulation abbilden. Seit ihrer Entwicklung werden Petri-Netze für die Modellierung, Analyse und automatisierte Ausführung von Geschäftsprozessen in unterschiedlichsten Anwendungsgebieten eingesetzt [DO96].

Die Modellsyntax von Petri-Netzen besteht aus *Marken*, *Stellen*, *Transitionen* und *Kanten*. *Marken* repräsentieren Prozessobjekte eines Geschäftsprozesses und bilden eingesetzte und verfügbare Ressourcen ab. Prozessobjekte werden durch objektspezifische Eigenschaften charakterisiert. *Stellen* dienen als Container für Marken. Alle Stellen repräsentieren lokale Zustände und definieren passive (statische) Systemkomponenten. Stellen können durch eine Kapazität eingeschränkt werden und legen in höheren Petri-Netzen einen Objekttyp fest. *Transitionen* stellen ausführende Tätigkeiten dar. Sie definieren aktive (dynamische) Komponenten, verarbeiten, verändern oder erzeugen Objekte und repräsentieren Zustandsübergänge (lokale Zustandsänderungen). Die *Schaltregel* bestimmt die Dynamik von Petri-Netzen (Kontrollfluss) und definiert die Aktivierungsbedingungen, die Definition der Folgemarkierung und den Markenfluss. Das Schalten von Transitionen stellt Zustandsübergänge dar. Es wird zwischen lokalen (Teil-)Zuständen und Zustandsänderungen unterschieden und damit eine Modellierung von abhängigen und nebenläufigen alternativen Geschäftsprozessen ermöglicht. Ist eine Transition aktiviert, d. h. enthalten alle Stellen im Vorbereich der Transition Marken, wird aus der Ursprungsmarkierung der Stellen eine Folgemarkierung aus Marken erzeugt, die in den Stellen im Nachbereich der Transition abgelegt werden. Bei einem Petri-Netz-System schaltet die *Transition t von M nach M'*, wenn *t* unter *M* aktiviert ist und *M'* aus *M* entsteht durch die Entnahme von Marken aus Eingangsstellen und durch die Ablage von Marken auf Ausgangsstellen gemäß den Kantengewichten. *M'* ist eine (unmittelbare) *Folgemarkierung* von *M* unter *t*. Transitionen und Stellen werden durch gerichtete Kanten verbunden, die als Pfeil markiert sind. Die gesamte Menge an vorhandenen Kanten innerhalb eines Netzes definiert die Flussrelation (*F*). Die Beziehung zwischen den Input- und Outputprozessobjekten einer Transition werden durch Flussrelationen dargestellt. Komplexe Prozessabläufe sind grafisch darstellbar und simulierbar und finden in den Bereichen Produktionsplanung, Rechnersysteme und in der Automatisierungstechnik ihre Anwendung. *Petri-Netze* sind im mathematischen Sinne *Netze* und werden wie folgt definiert [Ba97]:

Definition 3.2: *Petri-Netz*

Ein *Netz (Netzgraph)* ist ein Tripel $N = (S, T, F)$, für das gilt:

- (i) (S, T, F) ist ein Netz mit der Menge von Stellen S , der Menge von Transitionen T und der Menge der gerichteten Kanten F (Flussrelation) zwischen den Stellen und Transitionen.
- (ii) $S \cap T = \emptyset$,
- (iii) $S \cup T \neq \emptyset$ und
- (iv) $F \subseteq (S \times T) \cup (T \times S)$.

Nach Desel und Oberweis [DO96] ergibt sich durch die Unterscheidung von anonymen bzw. individualisierten Marken in Petri-Netzen eine Einteilung in die Klassen der *einfachen Petri-Netze* und der *höheren Petri-Netze*. Die Schaltregel definiert in einfachen Petri-Netzen den Fluss von anonymen Marken, die nicht unterscheidbare Objekte oder Bedingungen repräsentieren, dagegen in höheren Petri-Netzen den Fluss von unterscheidbaren individuellen Marken, die eine Konkretisierung von einzelnen Objekten zulassen. Höhere Petri-Netz-Varianten mit individuellen Marken ermöglichen eine automatisierte Ausführung der Geschäftsprozessmodelle bei Modellierungsprojekten. Einfache Petri-Netze eignen sich zum Modellieren von Netzen mit anonymen Marken ohne Beschreibung, da bspw. nur die Anzahl der Marken in Objekten analysiert wird. Ein Petri-Netz $PN = (S, T, F)$ wird abgebildet mit einer Menge von Stellen $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$, einer Menge von Transitionen $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ und einer Flussrelation $F = \{(s_1, t_1), (t_1, s_3), (t_1, s_2), (s_3, t_3), (s_2, t_2), (t_2, s_4), (t_3, s_5), (s_5, t_4), (t_4, s_6)\}$ (siehe Abbildung 14).

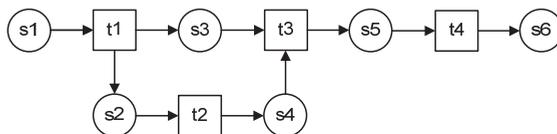


Abbildung 14: Einfaches Petri-Netz

Zu einfachen Petri-Netzen gehören Kanal/Instanzen-Netze (K/I-Netze) [Ba97, Re82], Bedingungs/Ereignis-Netze (B/E-Netze) [Re82, Re10a] und Stellen/Transitions-Netze (S/T-Netze).

3.2.1.1 Stellen/Transitions-Netze (S/T-Netze)

Stellen/Transitions-Netze (S/T-Netze) [Re85, Re87, Re10a] besitzen Stellen mit Kapazitätsangaben K für das maximale Aufnahmevermögen an Marken. Kanten wird durch eine zusätzliche Beschriftung ein Kantengewicht W zugewiesen, das die Anzahl der durch das Schalten einer Transition entnommenen bzw. hinzugefügten Marken definiert. Somit können einzelne Stellen in S/T-Netzen mehrere anonyme Marken aufnehmen. M_0 weist jeder Stelle als Startmarkierung eine definierte Anzahl an Marken zu. Unbeschrifteten Kanten und Stellen werden eine unendliche Kapazität von Marken in den Stellen und ein Kantengewicht $W = 1$ unterstellt. Die Schaltregel besagt, dass eine Transition dann schaltet, wenn in allen Stellen des Vorbereichs die Anzahl der Marken mindestens dem jeweiligen Eingangskantengewicht entspricht und die maximale Kapazitätsgrenze aller Stellen im

Nachbereich nicht verletzt wird. Die Namen an Stellen und Transitionen haben auf die Schaltregel keinen Einfluss. Es wird ein einfaches S/T-Netz mit Start- und Folgemarkierung abgebildet (Abbildung 15). Die Folgemarkierung entsteht durch die Schaltvorgänge von t_1 , t_2 und t_3 . Im linken Prozesszustand sind t_1 und t_2 schaltbereit. Es ergeben sich die Möglichkeiten der Schaltvorgänge t_1 und t_2 schalten, danach sind t_2 und t_3 aktiviert oder t_1 schaltet, danach sind t_2 und t_3 aktiviert. Im rechten Prozesszustand haben alle Transitionen einmal geschaltet, wobei t_3 in jedem Fall nach t_1 geschaltet hat. Im dargestellten Zustand sind fünf Aufträge zu verarbeiten: vier Materialaufträge und ein Dienstleistungsauftrag. Das Schalten der Transition t_1 findet aufgrund der Kantengewichtung für drei Aufträge statt: zwei zu verarbeitende Materialaufträge und ein zu verarbeitender Dienstleistungsauftrag. Es werden in der Folgemarkierung drei Marken aus der Stelle s_1 entfernt und davon jeweils zwei Marken in die Ausgangsstelle s_2 der Transition t_1 sowie eine Marke in die Ausgangsstelle s_4 der Transition t_1 eingefügt. Eine Marke der Stelle s_2 ist in die Ausgangsstelle s_3 der Transition t_2 und zwei Marken der Stelle s_4 in die Ausgangsstelle s_5 der Transition t_3 einzusetzen. Maximal können ein Materialauftrag und zwei Dienstleistungsaufträge bearbeitet werden.

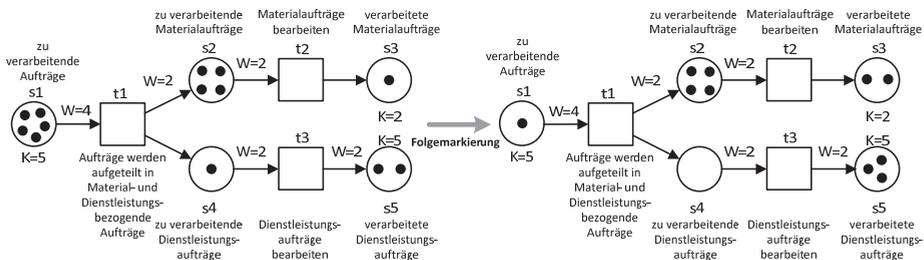


Abbildung 15: S/T-Netz mit Startmarkierung und Folgemarkierung

K/I-Netze, B/E-Netze und S/T-Netze sind durch ihre formale Schaltregel direkt ausführbar und daher ohne zusätzlichen Aufwand bei der Simulation einsetzbar [Ma91]. Petri-Netze ermöglichen schrittweise eine Formalisierung von Geschäftsprozessmodellen: Über informell beschrifteten Kanal/Instanzen-Netzen und formale Beschriftung der Netzelemente erfolgt schrittweise der Übergang zu formalen und präzisen Netzvarianten. Petri-Netze unterstützen *top-down-/bottom-up*-Techniken bei der Modellierung. Durch elementare Petri-Netze lassen sich einfache Vorgänge in Geschäftsprozessen beschreiben. Doch die bisher verwendbaren Marken erlauben keine eindeutige Identifikation und somit keine Objektbeschreibungen und Individualisierungen. Daher sind einfache Petri-Netze nur bedingt für die Modellierung komplexer Geschäftsprozesse geeignet. Wegen der Anonymität der Marken werden bereits Geschäftsprozesse mit überschaubarer Anzahl an Stellen und Transitionen komplex und unübersichtlich.

3.2.1.2 Eigenschaften und formale Konzepte von Petri-Netzen

Petri-Netze sind für bestimmte dynamische Eigenschaften formal analysierbar (vgl. z. B. [Aa00b, AH04, AS11, Ba97, Re82, Re90, Re10a, RS04a, St90]). Nachfolgend sollen einige dieser Eigenschaften im Überblick dargestellt werden:

- *Lebendigkeit*: Eine Transition ist *tot*, falls keine Markierung ihres Vorbereichs erreichbar ist. Ein Petri-Netz ist *tot*, falls alle Transitionen des Petri-Netzes *tot* sind. Ist mindestens eine Markierung ihres Vorbereichs erreichbar, so ist die Transition *aktivierbar*. Wird durch die Markierung ihres Vorbereichs ein Schalten ermöglicht, so ist die Transition *aktiviert*. Ist die Transition durch jede erreichbare Markierung ihres Vorbereichs aktivierbar, so ist sie *lebendig*. Sind alle Transitionen des Petri-Netzes lebendig, so ist das Petri-Netz *lebendig*.
- *Deadlockfreiheit*: Ein Petri-Netz ist *deadlockfrei*, falls unter jeder erreichbaren Markierung mindestens eine Transition des Petri-Netzes aktiviert ist.
- *Reversibilität*: Ein Petri-Netz ist *reversibel*, wenn von jeder erreichbaren Markierung die Anfangsmarkierung wieder erreicht werden kann.
- *Erreichbarkeit*: In einem Netz ist ein bestimmter Systemzustand, der durch eine bestimmte Markierung gebildet wird, von einem gegebenen Zustand aus *erreichbar*.
- *Konflikt*: Sind bei einer gegebenen Markierung mehrere Transitionen aktiviert, so tritt eine Konfliktsituation auf, da nur eine Transition schalten kann.
- *Beschränktheit*: Sind in einem Petri-Netz alle möglichen Markierungen, die nach einer Startmarkierung durch Schalten erreicht werden, *endlich* (*endliche Erreichbarkeitsmenge*), so ist das Petri-Netz *beschränkt*.
- *free-choice* und *well-structured*: Sind die Transitionen einer vorwärts verzweigten Stelle nicht rückwärts verzweigt und die Stellen von rückwärts verzweigten Transitionen nicht vorwärts verzweigt, so ist das Petri-Netz *free-choice*. Ein Petri-Netz ist *well-structured*, wenn es eine einzelne Startstelle und eine einzelne Zielstelle besitzt. Zusätzlich müssen beide Stellen durch eine Transition zu erweitern sein, deren Vor- bzw. Nachbereich ausschließlich aus diesen beiden Stellen besteht. Zwingende Voraussetzung der Eigenschaft *well-structured* ist die Eigenschaft *well-handled*: Für je zwei Knoten x, y , die aus einer Stelle und Transition bestehen, existieren keine zwei Pfade von x nach y , die nur x und y gemeinsam haben.
- *zusammenhängend*: Die Eigenschaft *zusammenhängend* definiert, dass kein Teilnetz ohne Verbindung zum Rest des Petri-Netzes existieren darf.
- *Soundness*: Ein Geschäftsprozess ist *sound*, wenn jeder begonnene Geschäftsprozess terminiert (endliche Erreichbarkeitsmenge und endliche Schaltfolge) und keine Marken im Netz verbleiben. Jede Transition ist erreichbar und wird mindestens in einem Anwendungsfall durchgeführt. Jedes Petri-Netz besitzt genau eine Startstelle (Quelle) und genau eine Zielstelle (Senke) und ist damit *well-structured*. Jede Transition oder Stelle liegt auf einem direkten Pfad von Anfang bis zum Ende. Es existieren keine unabhängigen Transitionen und Bedingungen. Jede Transition wird von der Startstelle nach einer endlichen Anzahl von Kanten erreicht und jede Outputstelle ist immer nach einer endlichen Anzahl von Kanten von jeder Transition aus erreichbar.

Auf den Sprachelementen und Konstrukten von Petri-Netzen basierend lassen sich abhängige, nebenläufige und alternative Abläufe beschreiben [Ba97, Re82, Re10a] und als grundlegende Netzstrukturen abbilden: *Sequenz*, *Iteration*, *Alternative*, *Nebenläufigkeit*, *Synchronisation* und *Kontakt* (siehe Abbildung 16).

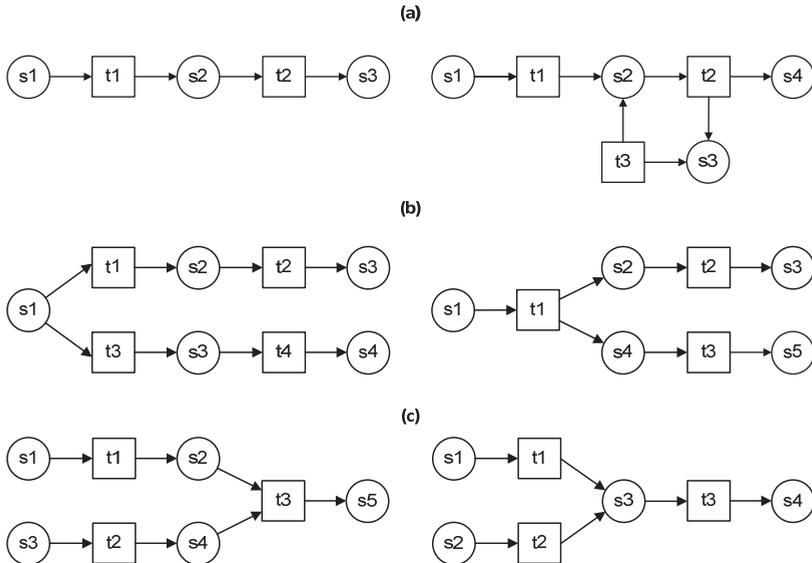


Abbildung 16: Sequenz und Iteration (a), Alternative/Konflikt (ODER-Verzweigung) und Nebenläufigkeit (UND-Verzweigung) (b), Synchronisation und Kontakt (c)

Im Folgenden werden Definitionen und formale Konzepte von Petri-Netzen vorgestellt, die im weiteren Verlauf der Arbeit für die Einführung neuer syntaktischer Erweiterungen verwendet werden. Innerhalb eines Petri-Netzes $PN = (S, T, F)$ mit $X = S \cup T$ liegt eine Menge von Knoten im *Vorbereich* eines Knotens x , wobei $x \in \{S, T\}$ alle Knoten sind, die über eine gerichtete Kante von ihnen ausgehend zu x hinführend verbunden sind. Folglich wird der *Nachbereich* eines Netzes als Menge aller Knoten definiert, die durch eine gerichtete Kante von einem Knoten x mit $x \in \{S, T\}$ verbunden sind. Für den Vorbereich und Nachbereich der Stellen in Abbildung 17 gilt: $\bullet t_2 \bullet t_3 = \{s_2\}$ und $\bullet t_3 = \{s_4\}$ ist der Vorbereich von t_2 und t_3 und $t_2 \bullet = \{s_3\}$ und $t_3 \bullet = \{s_5\}$ ist der Nachbereich von t_2 und t_3 .

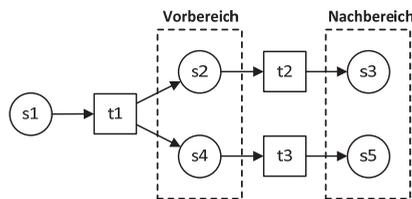


Abbildung 17: Vorbereich und Nachbereich der Stellen

Da sich die im Weiteren vorgestellten Netztransformationen auf Teilnetze beziehen, werden zunächst die Begriffe *Teilnetz* und *Rand eines Teilnetzes* definiert. Ein Teilnetz $N' = (S', T', F')$ stellt eine Teilstruktur eines Petri-Netzes $N = (S, T, F)$ dar. Der *Rand* eines Teilnetzes definiert sich durch gemeinsame Knoten des Teilnetzes N' selbst mit den Knoten des Netzes N , die über Kanten verbunden sind. Die gemeinsamen Knoten des Netzes N und des Teilnetzes N' werden als *Rand* bezeichnet. Somit bilden den relativen Rand eines Netzteilens (bzgl. des Gesamtnetzes) diejenigen Knoten, die über Kanten mit dem Rest des Netzes verbunden sind. Ein Netz N (Teilnetz N'') ist *stellenberandet*, wenn Fol-

gendes gilt: $rand(N'', N) \subseteq S(S')$. Ein Netz N (Teilnetz N') ist *transitionsberandet*, wenn gilt: $rand(N', N) \subseteq T(T')$. Das transitionsberandete Teilnetz N' und das stellenberandete Teilnetz N'' (siehe Abbildung 18) lassen sich wie folgt darstellen:

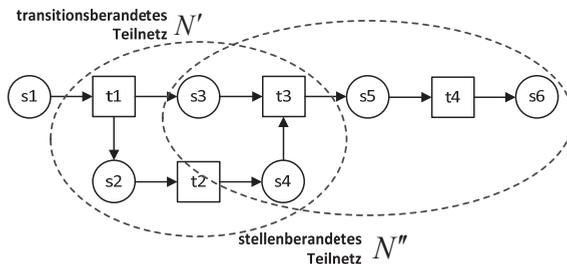


Abbildung 18: stellenberandetes und transitionsberandetes Teilnetz

Netztransformationen sind eine entscheidende Methodik für die Wahl des Detaillierungsgrades, die Anschaulichkeit und die analytische Aussagekraft von Netzen. Sie dienen der schrittweisen Entwicklung von Modellen und ermöglichen die Übertragung von System-Evolutionen in Modell-Evolutionen [Re82, Re85]. Damit lassen sich dynamische Änderungen der Netzstruktur abbilden. Nach der Graphentheorie zählen Netztransformationen zu *Netzmorphismen*. Einige Netztransformationen werden durch Netzmorphismen formalisiert. Typische Netztransformationen sind *Vergrößerung*, *Verfeinerung*, *Einbettung*, *Restriktion*, *Faltung* und *Entfaltung* von Netzen. Bei der *Vergrößerung* (siehe Abbildung 19) ist ein transitions- bzw. stellenberandetes Teilnetz durch eine Transition bzw. Stelle zu ersetzen. So wird ein stellenberandetes Teilnetz mit allen Übergängen zu einem einzigen Dialogzustand vergrößert.

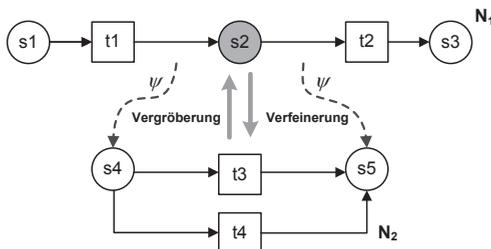


Abbildung 19: Vergrößerung des stellenberandeten Teilnetzes N_2 zu einem einzigen Zustand s_3 im Netz N_1 und Verfeinerung in Gegenrichtung

So wird ein stellenberandetes Teilnetz mit allen Übergängen zu einem einzigen Dialogzustand vergrößert. Eine Gruppe von zusammenhängenden Zuständen und Ereignissen lässt sich zu einem Ganzen abstrahieren. Die *Verfeinerung* ist die Umkehrung der *Vergrößerung*. Eine Transition wird durch ein transitionsberandetes Teilnetz bzw. eine Stelle durch ein stellenberandetes Teilnetz ersetzt. Die Umkehrung der *Vergrößerung* ist die *Verfeinerung*.

3.2.1.3 Höhere Petri-Netze

Höhere Petri-Netze ermöglichen die kompakte Modellierung von komplexen dynamischen Systemen [DO96]. Durch die Individualität der Marken werden Prozessobjekte und ihre

komplexen Strukturen, Eigenschaften und Beziehungen ausgedrückt. Damit führen sie durch die Modellierung von Eigenschaften und Beziehungen bestimmter Objekte in Bezug auf elementare Petri-Netze zu einer kompakteren und übersichtlich lesbaren Darstellung. Der kontinuierliche Progress des Geschäftsprozesses, der Kontrollfluss, bedingt Veränderungen von Prozessobjekten im Zeitverlauf, die sich unmittelbar mit höheren Petri-Netzen ausdrücken und modellieren lassen. Höhere Petri-Netze unterstützen die Modellierung komplexer Systeme und werden hinsichtlich ihrer Ausdrucksmächtigkeit kontinuierlich erweitert. Bekannte und in der wissenschaftlichen Literatur etablierte Varianten höherer Petri-Netze sind bspw. **Prädikate/Transitionen-Netze** (*Pr/T-Netze*) [GL81], **NF²-Relationen/Transitionen-Netze** (*Nr/T-Netze*) [Ob96a, OS96], **Generic Workflow Description Language** (*GWorkflow DL*) [HDF09], **XML-Netze** (*XN*) [Le03a, LO03], **Coloured Petri Nets** (*CPN*) [Je90, JK09], **FUNSOFT-Netze** [DGS95] und **Workflow Netze** [Aa98b, AS11].

3.2.1.4 XML-Netze

In den letzten Jahren entstanden durch das Internet und die Entwicklung der **eXtensible Markup Language** (*XML*) [W3C08] neue Möglichkeiten für eine effizientere Gestaltung von Handelsbeziehungen. XML ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdaten [Vo11]. Dokumente und Prozesse passt die Beschreibungssprache XML flexibel an die Anforderungen der Unternehmen an, so dass plattformunabhängige Protokolle für den Datenaustausch im Bereich des E-Business definiert und die Präsentationsart individuell gestaltet werden. Das Grundprinzip von XML besteht in der Trennung von Inhalt, Struktur und Layout, indem die Struktur durch die Anordnung von Markups (Tags mit definierter Semantik) in Dokumenten vorgeben und das Layout durch beliebige Formatvorlagen definiert wird.

Lenz und Oberweis [Le03a, LO03] entwickeln daher die NF²-Relationen/Transitionen-Netze [Ob96a, Ob96b, OS96] weiter und führen **XML-Netze** (*XN*) [CLO+09, HHH+09] ein. XML-Netze modellieren betriebliche Abläufe und den Dokumentenfluss auf der Basis des XML-Standards [Le03a] durch komplex strukturierte Objekte, die als E-Business-Objekte auf elektronischem Weg in E-Business-Prozessen ausgetauscht werden. Marken eines XML-Netzes repräsentieren komplex strukturierte, prozessrelevante Objekte. Aktivitäten entsprechen Operationen auf XML-Dokumenten. Stellen eines XML-Netzes werden durch **Stellenschemata** typisiert, d. h.: Eine Stelle enthält nur diejenigen XML-Dokumente als Marken, die in Bezug auf ein XML-Schema gültig sind. Kanten werden in XML-Netzen durch **Filterschemata** beschriftet, die zu den XML-Schemata der adjazenten Stellen korrespondieren müssen. Filterschemata dienen als Schablonen für XML-Dokumente und deren Elemente. Sie ermöglichen es, Inhalte eines XML-Dokuments oder auch ganze Dokumente zu manipulieren oder zu löschen. Filterschemata werden grafisch durch **Filterdiagramme** dargestellt. Stellen und Filterschemata basieren auf XML-Schemata. Transitionen repräsentieren Aktivitäten, die jeweils eine Klasse von (Einfüge- und Lösch-)Operationen auf den Dokumenten der adjazenten Stellen definieren [Le03a]. Optional können so genannte **Transitionsinschriften** Operationen einschränken. Enthält eine Transition eine Inschrift, kann sie nur dann ausgeführt werden, wenn die durch die Transitionsinschrift formulierte Bedingung („wahr“ (1) oder „falsch“ (0)) für die XML-Dokumente zutrifft, die

durch die Filterschemata repräsentiert werden. Die Verwendung des XML-Standards bietet zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für XML-Netze sowohl innerhalb des Unternehmens als auch unternehmensübergreifend. XML-Netze werden mit unterschiedlichen Zielsetzungen zur Unterstützung von E-Business-Prozessen verwendet. Sie dienen dem Entwurf von Prozessen, indem Abläufe in einem ersten Schritt durch eine leicht verständliche Variante der Petri-Netze modelliert werden [Ob96a]. Diese Ablaufdarstellung gibt einen Überblick über den zu modellierenden Ablauf, ist aber für die detaillierte Darstellung des Ablaufs zu präzisieren. Ein einfaches Petri-Netz wird um Dokumentenstrukturen erweitert. Für die durchzuführenden Aktivitäten sind jeweils explizit die Operationen auf den Dokumenten angegeben [Le03a]. Das Verhalten der XML-Netze kann simuliert werden [DO96]. XML-Netze können direkt in ausführbare Programme übersetzt werden [Ob96a]. Damit ist eine Ablaufsteuerung durch ein auf den Ablaufschemata basierendes Workflow Management-System möglich. Das Workflow Management-System übernimmt die Steuerung des Ablaufs und initiiert die einzelnen Aktivitäten bei den zuständigen Aufgabenträgern. XML-Netze oder deren Fragmente dienen dem Aufbau einer Bibliothek für Ablaufschemata, die direkt wiederverwendet werden können oder als Referenzschemata dienen für die Modellierung neuer E-Business-Prozesse oder Anpassung an einen neuen Ablauf [Le03a]. Ein *XML-Netz* wird wie folgt definiert [Le03a, LO03, Me06]:

Definition 3.3: *XML-Netz*

Ein *XML-Netz* ist ein Tupel $XN = (S, T, F, \Psi, I_S, I_T, I_F, M_0)$, für das gilt:

- (i) (S, T, F) ist ein Petri-Netz mit der Menge von Stellen S , der Menge von Transitionen T und der Menge der gerichteten Kanten F zwischen den Stellen und Transitionen.
- (ii) $\Psi = (D, FT, PR)$ ist eine Struktur, die aus einer Individuenmenge D , einer darauf definierten Menge von Funktionen FT und einer Menge auf PR definierten Prädikaten mit unveränderlichen Ausprägungen besteht.
- (iii) I_S ist eine Funktion, die jeder Stelle $s \in S$ ein elementares XML-Schema G als Stellentypisierung zuweist. Das zugewiesene XML-Schema schränkt die Menge zulässiger Markierungen ein.
- (iv) Die Funktion I_T weist jeder Transition $t \in T$ eine Transitionsinschrift in Form eines über Ψ und der Menge der an allen adjazenten Kanten vorkommenden Variablen gebildeten prädikatenlogischen Ausdrucks $p \in P_\Psi$ zu. Die Auswertung eines prädikatenlogischen Ausdrucks muss den booleschen Wert „wahr“ (1) annehmen, damit die Transition schalten kann.
- (v) Die Kantenbeschriftung I_F weist jeder Kante auf $f \in F$ eine Menge valider, bzgl. der adjazenten XML-Schemata zulässiger Filterschemata zu. Filterschemata auf eingehenden Kanten sind Vergleichs- oder Manipulationsfilter zum Lesen oder (partiellen) Löschen von XML-Dokumenten. Filterschemata von ausgehenden Kanten müssen Manipulationsfilter zum Verändern oder Erzeugen von XML-Dokumenten sein.

- (vi) M_0 bezeichnet die Markierung der Stellen $s \in S$ mit Mengen von denjenigen XML-Dokumenten, die für die Stellentypisierung valide sind. Die Startmarkierung wird mit M_0 bezeichnet.

Die Schaltregel definiert die Schaltvorgänge in XML-Netzen. Für alle Stellen *im Vorbereich* einer Transition ist das durch das definierte Filterschema der entsprechenden Kante repräsentierte XML-Dokument in der Markierung der Stelle enthalten. Es wird eine *Leseoperation* oder eine *Änderungsoperation*⁴⁴ ausgeführt. Das Vorhandensein und die Gültigkeit dieser XML-Dokumente müssen gewährleistet sein. Für alle Stellen *im Nachbereich* einer Transition darf ein durch die Transition neu erzeugtes XML-Dokument, das durch das definierte Filterschema der entsprechenden Kante repräsentiert wird, in der Markierung der Stelle nicht bereits enthalten sein. Auf dem durch das definierte Filterschema repräsentierten XML-Dokument erfolgt eine *Einfügeoperation*. Zusätzlich zu den Bedingungen für die Markierung der Stelle sind alle Bedingungen, die an die Variablen gestellt sind, auch erfüllt. Der prädikatenlogische Ausdruck der Transitionsinschrift muss den Wert „wahr“ (1) annehmen. Die Filterschemata müssen zulässig bezüglich des adjazenten XML-Schemas sein und die valide Variablenbelegungen der Schemata sind daher konstante, valide Filterschemata, die bezüglich der XML-Schemata gültige XML-Dokumente repräsentieren⁴⁵ [Le03a]. Nach der Definition der Schaltregel für XML-Netze ist eine Transition unter einer gegebenen Markierung und Variablenbelegung in einem XML-Netz aktiviert, wenn

- jede Stelle im Vorbereich einer Transition mindesten ein gültiges XML-Dokument aufweist und das XML-Dokument dem Filterschema der eingehenden Kanten zwischen Stelle und Transition entspricht,
- die Transition die existierenden XML-Dokumente gemäß der Beschreibung der Stellen des Nachbereichs modifiziert und entsprechende gültige XML-Dokumente existieren und
- die Transitionsinschrift unter der gegebenen Variablenbelegung wahr ist.

Lenz [Le03a] definiert die Anfragesprache *XML-Manipulation Language (XManiLa)* zur Abfrage und Manipulation von XML-Dokumenten als Erweiterung des XML-Schema-Modells. Die Grundlage für XManiLa bilden die so genannten *Filterschemata*, die in ihrer Notation an XML-Schemata angelehnt sind. Filterschemata und die zugehörigen Filterdiagramme werden für die Formulierung von Dokumentanfragen und -manipulationen mit XManiLa und als Kantenbeschriftungen von XML-Netzen eingesetzt. Für die Elementtypen eines XML-Schemas werden im Filterschema *Elementfilter* eingefügt, die Attributfilter enthalten. Auf diese Weise können Elementfilter Elemente manipulieren. Wird einem Elementfilter die Manipulationseigenschaften *Einfügen* und *Löschen* zugewiesen, so heißt der Elementfilter auch *Manipulationsfilter*, nur mit der Eigenschaft *Lesen* heißt er *Vergleichsfilter*. Filterschemata bilden die Basis für die Anfragesprache XManiLa, die zur

⁴⁴ Das durch das definierte Filterschema repräsentierte Dokument darf nicht bereits in der Markierung der Stelle enthalten sein, falls es sich um eine Löschoption handelt.

⁴⁵ Somit wird verhindert, dass durch das Schalten einer Transition Dokumente erzeugt oder so verändert werden, dass sie nicht mehr für das Schema gültig, d. h. als Stellentyp in der Markierung der Stelle für das Schema unzulässig sind.

graphischen Darstellung von Abfragen und Manipulationen in XML-Netzen eingesetzt wird [Le03a]. Im Gegensatz zu den rein strukturbeschreibenden XML-Schemata ermöglichen die Filterschemata zusätzliche Funktionen, wie beispielsweise die Selektion von Dokumenten aus einer Menge von Dokumenten desselben Schemas oder die Manipulation von Dokumenten auf unterschiedlichen Hierarchieebenen. Filterschemata sind vergleichbar mit Schablonen für Dokumente und ihre Elemente. Passend zu den Elementtypen eines XML-Schema werden im Filterschema entsprechende Elementfilter eingesetzt. Zur Selektion von Dokumenten ermöglichen Filterschemata die Zuweisung von Variablen oder Konstanten zu Elementtypen oder Attributen [Le03a]. Sie werden mit den Inhalten eines Elementes verglichen und ermöglichen so die Selektion von Dokumenten. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Auszeichnung von Elementen, die manipuliert werden sollen. Einzufügende oder zu löschende Elemente werden im Filterdiagramm markiert. Da die Auszeichnung an alle enthaltenen Elemente vererbt wird, ist die Manipulation von Dokumenten auf unterschiedlichen Hierarchieebenen möglich. Verfügt kein Element eines Filterschemas über eine Auszeichnung, bleibt das Dokument unverändert. Um die Lesbarkeit der Filterschemata zu verbessern, werden diejenigen Elemente eines XML-Dokumentes, die nicht manipuliert werden sollen oder die für eine Selektion nicht relevant sind, im Filterschema durch *Elementplatzhalter* ersetzt. Elementfilter sind analog zu den Elementtypen grafisch durch ein aus zwei Teilen bestehendes Rechteck darzustellen. Im oberen Teil des Rechteckes werden sowohl der Name des Elementtyps angegeben, der dem Elementfilter im XML-Schema entspricht, als auch eine Variable oder ein konstanter Wert aus dem Wertebereich des Inhalts, je nach gewünschter Filterung. Mögliche Attributfilter sind im unteren Teil des Rechtecks aufgeführt. Es werden als Beispiel zwei Elementtypen und jeweils einem zugehörigen Elementfilter bzw. Manipulationsfilter abgebildet (Abbildung 20). Ein Elementtyp verfügt über zwei Attribute. Der Wertebereich des zweiten Attributes ist das Intervall der ganzen Zahlen von 0 bis 10. Durch den Elementfilter werden alle Elemente vom Typ **E** beschrieben, deren Attribut A_2 den Wert 2 hat. Der Attributfilter A_1 des Elementfilters enthält die Variable **x**. Die zur Selektion von Instanzen eines bestimmten Elementtyps verwendeten Elementfilter werden als *Vergleichsfilter* bezeichnet. *Manipulationsfilter* ermöglichen das Hinzufügen oder Löschen von Inhalten eines Dokumentes. Die grafische Darstellung unterscheidet einen Manipulationsfilter durch einen breiten schwarzen Balken an der linken Seite des Rechteckes von einem Vergleichsfilter. Der Manipulationsfilter dient zur Erzeugung eines neuen oder zum Löschen eines gegebenen Elementes. Wird ein Element erzeugt, so erhält es beispielsweise den Wert **Rechnung** und das Attribut **RNID** den Wert **1234**.

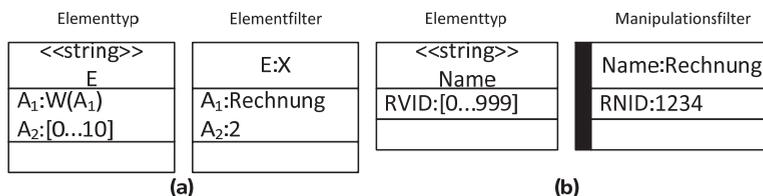


Abbildung 20: Elementtyp und zugehöriger Elementfilter (a) und Elementtyp und zugehöriger Manipulationsfilter (b)

Dient der Manipulationsfilter zum Löschen von Elementen, so werden in diesem Beispiel Elemente mit dem Inhalt `rechnung` gelöscht, deren Attribut `RNID` den Wert `1234` hat. Die Struktur eines Filterschemas entspricht dem Aufbau eines XML-Schema-Diagramms, das einen Top-Level-Elementtyp enthält. Ein Filterschema ist *zulässig* für ein XML-Schema, wenn alle durch das Filterschema beschriebenen XML-Dokumente gültig in einem XML-Schema sind. Filterschemata sind alleine noch keine Dokumentanfragen oder -manipulationen. Die Anfragesprache XManiLa basiert auf der Kombination von XML-Schemata, Filterschemata und Konzepten der Petri-Netze. Jede Anfrage mit XManiLa besteht aus einer Stelle, einer Transition und einer Kante zwischen Stelle und Transition. Ein elementares XML-Schema dient der Typisierung der Stelle und alle relevanten Dokumente für die Anfrage sind in diesem Schema gültig. Als Kantenbeschriftung wird ein für das XML-Schema zulässiges Filterschema gewählt. Ein Manipulationsfilter dient zum Löschen oder Einfügen von Inhalten, sodass die Operation festzulegen ist. Erst die Richtung der zugehörigen Kante spezifiziert die Operation als eine Einfüge- oder Löschoperation (siehe Abbildung 21).

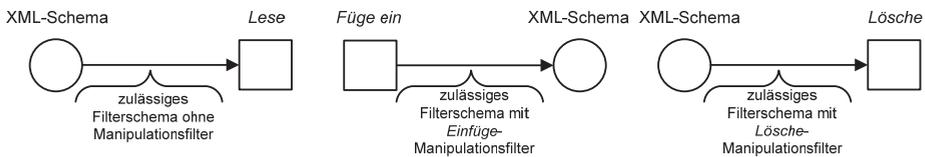


Abbildung 21: Anfrage mit XManiLa für die Operationen *Lesen*, *Einfügen* und *Löschen*

Zur Modellierung einer Lese-Operation mit XManiLa werden ausschließlich *Vergleichsfilter* verwendet. Bei Lese-Operationen werden die Inhalte eines in der Stelle enthaltenen XML-Dokuments ausgelesen. Wird bei der Modellierung einer Anfrage ein *Manipulationsfilter* verwendet, bestimmt die Kantenrichtung den Operationstyp. Handelt es sich um eine von der Transition abgehende Kante, liegt eine *Einfüge-Operation* `insert` vor. Nach den Vorgaben des Filterschemas werden einem in der Stelle vorhandenen XML-Dokument Elemente hinzugefügt oder neue XML-Dokumente in der Stelle erzeugt. Handelt es sich um eine von der Transition abgehende Kante, liegt eine *Lösch-Operation* `delete` vor. Durch Lösch-Operationen werden nach den Vorgaben des Filterschemas entweder Elemente aus den in der Stelle enthaltenen XML-Dokumenten entfernt oder XML-Dokumente vollständig aus der Stelle gelöscht. Mit Hilfe des Vergleichsfilterschemas wird eine Dienstleistung gelesen, die durch die zwei Variablen `DL` und `DLID` spezifiziert wird (Abbildung 22). Da in diesem Beispiel für eine Leseoperation eine eindeutige Auswahl über die `Dienstleistungs-ID` erfolgt, werden alle anderen Elemente durch den Elementplatzhalter ersetzt. Der Elementplatzhalter beschreibt, dass nach der `Dienstleistungs-ID` beliebig viele Elemente auftreten dürfen. Durch die Transitionsinschrift wird festgelegt, dass das Element mit der `Dienstleistungs-ID 6734` zu lesen ist. Formal werden Lesefilterschemata als Kombination aus einer Lösch- und Schreiboperation interpretiert (vgl. [Pa05]).

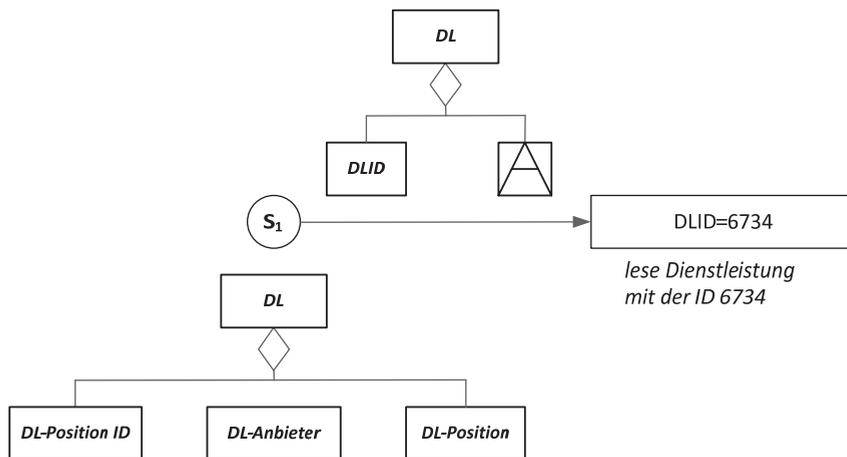


Abbildung 22: Beispiel für eine Leseoperation

Mevius [Me06] verwendet die Anfragesprache XML Query (*XQuery*)⁴⁶ [W3C10b, W3C11a] zur Manipulation von Dokumenten in XML-Netzen. XQuery hat sich weitestgehend etabliert und ist ein W3C-Standard für die Dokumentenmanipulation. XML-Schemata werden als Beschreibungssprache zur Stellentypisierung angewandt. XQuery ermöglicht als Sprache, die deklarativen Anfragen im Stil von SQL mit Elementen der funktionalen Programmierung zu kombinieren. XQuery wird zur Verwaltung, Abfrage und Manipulation von text- und datenzentrierten XML-Dokumenten innerhalb und außerhalb von XML-basierten Datenbanken eingesetzt. Die Übernahme des gesamten Typsystems von XML-Schema unterstützt XQuery durch eine große Anzahl von Datentypen sowie XML-Namensräume. Grundkonstrukte von XQuery bilden geschachtelte Ausdrücke ähnlich der Relationenalgebra⁴⁷, so genannte *FLOWR*-Ausdrücke⁴⁸, die dem in SQL genutzten Konzept der **SELECT-FROM-WHERE**-Anfragen nachempfunden sind. XQuery unterstützt Anfragen an strukturierte Dokumente, relationale Daten, XML-Daten und Metadaten. Die Syntaxspezifikation basiert auf der *erweiterten Backus-Naur-Form (EBNF)*⁴⁹ [Kn64]. Als Beispiel für eine Leseoperation einer XQuery-Anfrage werden Dienstleistungen im XML-Dokument *dienstleistungen.xml* mit der Dienstleistungs-ID 6734 selektiert (Listing 1).

```
For $x in file („dienstleistungen.xml“)
where $x/DLID=6734
return $x/DL
```

Listing 1: XQuery-Ausdruck für die Leseoperation in Abbildung 22

⁴⁶ *XML Query Language (XQuery)* ist eine vom W3C spezifizierte Abfragesprache für XML-Datenbanken und liegt aktuell in der Version 1.0 vom 03.01.2011 vor [Be09a, W3C10b, W3C11a].

⁴⁷ *Relationenalgebra* oder *Relationale Algebra* ist eine formale Sprache, mit der sich Abfragen durch ein relationales Schema formulieren lassen. Relationen werden miteinander verknüpft oder reduziert und komplexere Informationen daraus hergeleitet [Co70].

⁴⁸ *FLOWR*-Ausdrücke bestehen allgemein aus den Syntax-Komponenten FOR IN, LET=, ORDER BY, WHERE und RETURN.

⁴⁹ Die *Backus-Naur-Form (BNF)* ist eine formale Metasprache zur Darstellung kontextfreier Grammatiken (Typ-2-Grammatiken in der Chomsky-Hierarchie) [Kn64].

Die Navigation innerhalb von XML-Dokumenten erfolgt auf Basis der *XML Path Language* (XPath)⁵⁰ [Be09a, W3C10a, W3C11a], um jeden Knoten in der durch das XML-Dokument repräsentierten Baumstruktur zu erreichen. XPath stellt eine Untermenge von XQuery dar, die vorhandene Funktionen und elementare Ausdrücke ebenso verwendet. XML-Dokumente werden durch Anwendung von Umwandlungsregeln für *Templates* transformiert. Ein Template verfügt über ein auf XPath basierendes Muster für die Erzeugung eines neuen Zielbaums mit neuem Inhalt für Knoten der Baumstruktur des XML-Dokuments.

Der in Kapitel 8 entwickelte Prototyp basiert auf dem Softwarewerkzeug *Horus*. Zur Manipulation von XML-Dokumenten verwendet *Horus* die *eXtensible Stylesheet Language Transformations (XSLT)*⁵¹ [W3C07a]. XSLT transformiert XML-Dokumente, dient der Darstellung (*Presentation Oriented Publishing*) und dem Austausch (*Message Oriented Middleware*) von Daten und bildet einen Teil der Sprache *Extensible Stylesheet Language (XSL)* [W3C06b]. XSL wird zur Definition von Stylesheets verwendet, um ein XML-Quelldokument durch einen XSLT-Prozessor in ein XML-Zieldokument zu transformieren. XSLT stellt eine Sprache zur Transformation bzw. Manipulation von Bäumen zur Verfügung, baut auf der logischen Baumstruktur eines XML-Dokumentes auf und dient zur Definition von Umwandlungsregeln. XSLT-Prozessoren identifizieren Knoten in der Struktur eines XML-Dokuments über Selektionsmuster. XSLT-Programme, sogenannte *XSLT-Stylesheets*, sind nach den Regeln des XML-Standards aufgebaut. Die Stylesheets werden von *XSLT-Prozessoren* eingelesen [W3C07a].

Die Definition von XML-Netzen in dieser Arbeit erfolgt in allgemeiner Form und somit unabhängig von der Wahl der Umsetzung durch Filterschemata mit XManiLa, XQuery, XSLT oder anderen Mechanismen zur Manipulation von XML-Dokumenten. Das Beispiel für ein XML-Netz (Abbildung 23) zeigt die Konfiguration einer Dienstleistung. Es wird geprüft, ob eine aktuelle Servicekonfiguration durch weitere Dienstleistungspositionen aus einem Leistungsverzeichnis erweitert wird. Das Filterschema FS_1 enthält den Elementfilter `DL` und den Attributfilter `DIR1` als Variable. Durch die Belegung der Variablen mit den Werten „764“ für `DIR1` wird eine spezifische Dienstleistungskonfiguration ausgewählt. Das Filterschema FS_2 bezieht Elementfilter (`DL` und `DL-Position`) und Attributfilter (`DIR2` und `DLID`) als Variablen ein. Aus dem Leistungsverzeichnis wird eine spezifische Dienstleistungsposition durch die Belegung der Variablen mit dem Wert „764“ für die `DIR2` ausgewählt. Das Filterschema FS_3 schließt den Elementfilter `Prüfergebnis` und den Attributfilter `add service position` als Variable ein. Die Variable `add service position` wird auf `true` überprüft. Alle Filterschemata-Diagramme repräsentieren Manipulationsfilter und sind mit einem schwarzen Balken grafisch dargestellt. Die Transition T_1 „Dienstleistungsposition hinzufügen“ besitzt die Transitionsinschrift TI_1 und schaltet, wenn die Variable `add service position` auf `true` gesetzt ist und die Variablen `DIR1` und `DIR2` den Wert „764“ aufweisen. Bei Schaltung der Transition T_1 werden XML-Dokumente aus den Stellen S_1

⁵⁰ *XML Path Language (XPath)* ist eine vom W3-Konsortium entwickelte Abfragesprache, um Teile eines XML-Dokumentes zu adressieren. XPath dient als Grundlage einer Reihe weiterer Standards wie *XSLT*, *XPointer* und *XQuery* und liegt aktuell in der Version XPath 2.0 vom 14. Dezember 2010 vor [Be09a, W3C10a, W3C11a].

⁵¹ *XSL Transformations (XSLT)* [W3C07a] liegt aktuell in der Version XSLT 2.0 vom 23.01.2007 vor.

(aktuelle Dienstleistungskonfiguration), S_2 (Leistungsverzeichnis) sowie S_3 (Systemzustand) gelöscht, die den jeweiligen Filterschemata entsprechen. Durch die Elementplatzhalter der Filterschemata wird die Belegung dieser Elemente nicht weiter berücksichtigt für die Auswahl der Dokumente. Gemäß dem Filterschema FS_4 und der Stellentypisierung ST_4 werden für die Stelle S_4 (kundenspezifische Dienstleistungskonfiguration) XML-Dokumente erzeugt. Die XML-Dokumente können Element- und Attributwerte der gelöschten Dokumente haben, wenn die erzeugten XML-Dokumente identische Elemente und Attribute aufweisen.

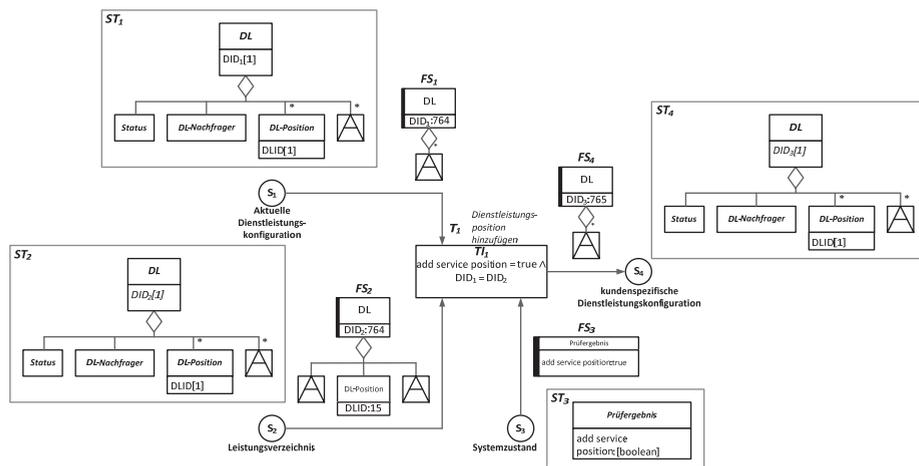


Abbildung 23: XML-Netz „Konfiguration einer Dienstleistung“

3.2.1.5 Web Service-Netze

Die Ausführung von überbetrieblichen Geschäftsprozessen und Serviceprozessen im Rahmen von Service-orientierten Architekturen durch Web Services werden durch XML Service-Netze (XSN) [HB03, LO04]⁵² bzw. Web Service-Netze (WSN)⁵³ [CLO+09, KM05, LO04] modelliert und können in ausführbaren Code auf Basis von WS-BPEL transformiert werden [HKT08]. Das Modell eines Web Service bzw. seine Prozessbeschreibung wird durch XML-Service-Netze bzw. die Komposition von Web Services durch Web Service-Netze repräsentiert. Für ein Web Service-Netz wird ein XML Service-Netz um eine Definition für eine Petri-Netz-basierte Web Service-Beschreibung erweitert [CLO+09, LO04]. Das interne Verhalten von Web Services sowie der Nachrichtenfluss werden durch ein erweitertes XML-Netz modelliert. Das Verhalten eines Web Services beschreibt eine teilweise geordnete Menge an Operationen. XML-Netze erleichtern die Modellierung von (semi-)strukturierten Daten und die Spezifikation von operationaler Semantik des Kontrollflusses. Definition und Beschreibung von Web Services werden durch XML-Netze visualisiert.

⁵² Ein XML Service-Netz (XSN) beschreibt die Ausführung eines Web Service durch die Beschreibung seines logischen Verhaltens und der Schnittstellen des Web Services. XSN werden als Subnetze durch eine Vergrößerung von Transitionen in XML-Netzen modelliert [HB03, LO04].

⁵³ Die Komposition von Web Services wird durch Web Service-Netze (WSN) beschrieben. Sie bieten eine formale Methode an, um Geschäftsprozesse zu definieren, die die Anforderungen moderner Service-orientierter Architekturen unterstützen [KM05].

XML-Netze verfügen über die „native“ Fähigkeit der Web Service-Komposition, indem Marken XML-Dokumente repräsentieren, Filterschemata der Kanten den Fluss der XML-Dokumente steuern und manipulieren und damit die Nachrichtenfilterung, die Nachrichtenweiterleitung und das dynamische Auffinden und Selektieren von Web Services vereinfachen. Die Kontrollfluss-basierte Komposition von Web Services wird innerhalb von Unternehmen gebildet. Die überbetriebliche Web Service-Komposition basiert auf der Nachrichtenweiterleitung. XML-Dokumente werden als Marken von Stellen modelliert und durch XML-Schemata typisiert. Durch Filterschemata der Kanten werden Nachrichten (XML-Dokumente) in Web Service-Netzen selektiert, erstellt, modifiziert oder (teilweise) gelöscht. Auf diese Weise realisieren XML-Schemata und Filterschemata die Datenmanipulation und den Nachrichtenfluss. In Web Service-Netzen wird ein Web Service einer Transition zugeordnet. Die XML-Schemata von Stellen im Vor- und Nachbereich von Transitionen definieren und repräsentieren die Struktur der Eingangs- und Ausgangsnachrichten der korrespondierenden Web Services. Die XML-Schemata definieren in der initialen und finalen Stelle (es existiert eine Eingangs- und eine Ausgangsstelle) des Web Service-Netzes die Eingangs- und Ausgangsnachricht des resultierenden Web Service. Das XML-Dokument in der Eingangsstelle löst die Ausführung eines Web Services aus. Die XML-Schemata der internen Stellen eines Web Service-Netzes repräsentieren Eingangs- oder Ausgangsnachrichten der zugeordneten Web Services und beschreiben die Kommunikation mit Web Services, die im Prozess verwendet werden. Jede Transition, die mit dem Web Service-Netz zusammenhängt, ist auf direktem Weg von der Eingangsstelle zur Ausgangsstelle erreichbar. Die Komposition von Web Services durch die auf Petri-Netzen basierenden Kontrollflussoperatoren wie Sequenz, Iteration, Alternative, Synchronisation und Parallelismus wird von Hamadi und Benatallah [HB03] ausführlich vorgestellt. Lenz und Oberweis [LO04] adaptieren diese Mechanismen auf XML-Netze. Che et al. [CLO+09] sowie Koschmider und Mevius [KM05] zeigen auf, wie XML-Service-Netze bzw. Web Service-Netze zur Komposition durch Orchestrierung und Choreographie von Web Services angewandt werden.

3.2.2 Unified Modeling Language (UML)

Die *Unified Modeling Language (UML)* [BRJ07, OMG11a]⁵⁴ ist eine über die ISO standardisierte, graphische Sprache zur Visualisierung, Spezifizierung, Dokumentation und Konstruktion von Artefakten eines Softwaresystems. UML dient auf Grund ihrer Mächtigkeit einem breiten Anwendungsfeld für die Modellierung von Softwaresystemen, Geschäftsprozessen, technischen Systemen oder Datenstrukturen. Ihre syntaktischen und semantischen Spezifikationen unterstützen Analyse und Ausführung von Geschäftsprozessen. Seit der Version 2.0 besteht UML aus Teilspezifikationen, die die Syntax und Semantik in Metamodellen vorgeben. Während die *UML Infrastructure* Spezifikation [OMG11c] die fundamentalen Sprachkonstrukte bzw. Modellelemente definiert, beschreibt die *UML Superstructure* Spezifikation [OMG11d] die Anwendung von Modellelementen für bestimmte Spracheinheiten bzw. Diagrammtypen. Die *UML Superstructure* Spezifikation

⁵⁴ Die Version UML 2.2 wurde im Februar 2009 spezifiziert [OMG09]. Aktuell liegt UML in der Version 2.4 vor, die im März 2011 verabschiedet wurde [OMG11a].

basiert auf der UML Infrastructure, benutzt und erweitert sie für die Definition der Modellierungselemente der UML. Die eigentliche Sprachdefinition der UML findet in der *Superstructure* Spezifikation statt. Die UML-Version 2.4 [OMG11a] besitzt 14 verschiedene Diagrammtypen, die sich in die beiden Kategorien *Strukturdiagramme* und *Verhaltensdiagramme* klassifizieren lassen: Strukturdiagramme beschäftigen sich mit statischen, Verhaltensdiagramme mit dynamischen Aspekten eines Modells. Strukturdiagramme dienen der Darstellung der Systemstruktur in Komponenten und beschreiben das Verhalten von Komponenten zur Laufzeit.

Die UML bietet mit dem Diagrammtyp der *Klassendiagramme* Konzepte für die Metamodellierung gemäß dem MOF-Standard an. Dieser Diagrammtyp veranschaulicht die Eigenschaften und die Beziehungen von Klassen und Schnittstellen. Klassendiagramme modellieren die statischen Beziehungen zwischen Komponenten eines Systems und beschreiben mehrere Sichten auf ein System. Klassen stehen miteinander in Beziehung und verwalten Attribute und Methoden. Ein Klassendiagramm besteht aus Diagrammelementen, die wiederum Klassen, Beziehungen, Interfaces und Assoziationsklassen sein können. Attribute und Operationen sind eindeutig einer Klasse zugeordnet. Durch Beziehungen zwischen Klassen entsteht eine Struktur. Assoziationsklassen modellieren Attribute und Operationen einer Assoziation. Interfaces werden von Klassen implementiert. Klassendiagramme bilden die konzeptuelle und spezifische Sicht auf ein Modell oder ein Programm ab. Durch sie wird die statische Entwurfssicht eines Systems modelliert. Mit ihrer Hilfe lassen sich die funktionellen Anforderungen eines IT-Systems abbilden, also diejenigen Funktionen, die das IT-System den Anwendern zur Verfügung stellt. Das Klassendiagramm spielt eine wesentliche Rolle bei einer späteren Implementierung des Modells. Es verwendet als statisches Modell den *objektorientierten Ansatz*. Der Objektorientierung liegt eine Aufteilung der zu beschreibenden Welt in Objekte mit ihren Eigenschaften und Operationen zugrunde. Sie wird durch das Konzept der Klasse ergänzt, in dem Objekte aufgrund ähnlicher Eigenschaften zusammengefasst sind. Die Struktur eines Objekts wird durch die Attribute seiner Klassendefinition, das Verhalten des Objekts durch die Methoden der Klasse festgelegt. In Klassendiagrammen werden Klassen zur Beschreibung von Objekten verwendet, die zur Laufzeit initiiert werden (Instanz einer Klasse). Diese Objekte kommunizieren über den Austausch von Nachrichten, die wiederum Methoden auslösen. So sind Objekte Instanzen von Klassen, interagieren über Nachrichten und besitzen Zustände. Eine *Klasse* definiert eine Menge von gleichartigen *Objekten*, *Attribute* bestimmen den Zustand eines Objektes. *Methoden* beschreiben die Fähigkeiten eines Objektes. So werden Objekte durch *Konstruktoren* erzeugt, geladen und gespeichert. Die *Methoden* geben den Namen, den Parameter und den Rückgabotyp an. *Generalisierungen* verallgemeinern Klassenkonzepte in einer Oberklasse, *Assoziationen* beschreiben die Beziehung zwischen Klassen. Mit Hilfe von *Kardinalitäten* wird die jeweilige Anzahl der assoziierten Objekte definiert. Die *Vererbung* ermöglicht die Abstraktion von gemeinsamen Eigenschaften, sodass *Oberklassen* bei ausreichenden Übereinstimmungen gebildet werden. *Abstrakte Klassen* sind Oberklassen, die keine Realisierung zu eigen haben. Mindestens eine Methode kann nicht realisiert werden und somit werden keine Instanzen (Objekte) erzeugt. Klassen sind wiederum in *Subsysteme* und *Pakete* einzuteilen und mit *Kommentaren* und *Notizen* zu versehen. Bei der Konzeption von Klassendiagrammen stehen *Beziehungen* (Aggregation, Komposition,

Vererbung und Abhängigkeit) zwischen einzelnen Klassen und Schnittstellen im Vordergrund. Die Spezifikation einer Klasse bildet den inneren Aufbau einer Klasse ab durch Benennung der Methoden, Funktionen, Variablen und deren Sichtbarkeiten. Eine Klasse ist durch ein Rechteck darzustellen und beschreibt die Struktur sowie das Verhalten der Objekte, die durch sie erzeugt wird. Das Rechteck ist in drei Abschnitte unterteilt. Die Notation einer Klasse fängt mit dem *Klassenbezeichner* an im ersten Abschnitt. Zusätzliche Eigenschaften, wie beispielsweise *Stereotypen*, werden eingetragen. Stereotypen sind neu eingeführte projektspezifische oder methodenspezifische Metamodellelemente und klassifizieren die mögliche Verwendung eines Metamodellelements. Das Metamodellelement einer Menge repräsentiert alle bei der Modellierung verfügbaren Komponenten. *Zugriffsmodifikatoren* beschreiben die Sichtbarkeit von *Attributen* und bestimmen den Zugriff auf die Daten durch die Kennzeichnung der Attribute mit den Zeichen „-“ (*privat*), „#“ (*protected*) und „+“ (*public*). Zugriffsmodifikatoren sind die *Attributtypen* der Attribute. Ein Attribut ist ein strukturelles Merkmal einer Klasse, das zusätzlich mit einem Attributtyp und einem *Initialwert* angegeben wird (siehe Abbildung 24).

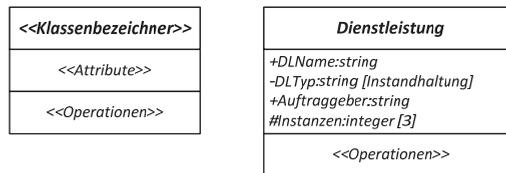


Abbildung 24: Notation einer UML-Klasse und Sichtbarkeit von Attributen mit Zugriffsmodifikatoren

Der dritte Abschnitt der Klassen beinhaltet *Methoden* (Operationen auf Attributen), die Funktionalitäten beschreiben. Methoden besitzen identische Sichtbarkeitsangaben. In Klammern werden die benötigten Eingabe- und Ausgabeparameter gesetzt. Neben den allgemeinen Klassen, wie oben beschrieben, sind einige spezielle Klassentypen notiert. Die besondere Bedeutung dieser Klassen wird in doppelten spitzen Klammern („<< >>“) oder durch geschweifte Klammern („{metaclass}“) unterhalb des Klassennamens wie im Fall einer *Metaklasse* mit dem Wort *metaclass* notiert. Der Klassenname ist als alternative Darstellung auch kursiv zu schreiben. *Abstrakte Klassen* beinhalten allgemeine Attribute und Methoden von Unterklassen und werden mit „{abstract}“ beschriftet. Objekte dieser Klassen werden nicht direkt instanziiert, sondern sie werden für eine gemeinsame Beschreibung der Unterklassen eingesetzt, um redundante Modellierungen zu vermeiden. *Schnittstellen*, die das externe Verhalten von Klassen kapseln, sind eine spezielle Art von abstrakten Klassen. Sie werden für die externe Verbindung mit anderen Klassen verwendet.

Assoziationen beschreiben Beziehungen zwischen Objekten verschiedener Klassen. Es wird zwischen binären und reflexiven Assoziationen unterschieden. *Binäre Assoziationen* treten zwischen zwei Klassen auf und werden grafisch mit einer Linie als Verbindung zwischen ihnen repräsentiert. Zur Erhöhung der Aussagekraft der Verbindungslinie werden an den Enden *Assoziationsnamen*, *Kardinalitäten* oder eine *Leserichtung* ergänzt. Eine *reflexive Assoziation* (Rekursion) besteht zwischen Objekten derselben Klasse. Im Weiteren gibt es Klassen, die nur mit einer Verbindung zwischen mindestens zwei anderen Klassen existieren können. Solche Klassen heißen *Assoziationsklassen*. Die *Abhängigkeiten* sind Be-

schreibungen von semantischen Beziehungen zwischen Klassen und werden durch gestrichelte Pfeile dargestellt (siehe Abbildung 25).

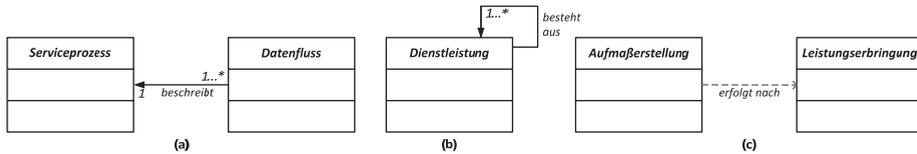


Abbildung 25: Binäre Assoziation (a), reflexive Assoziation (b) und Abhängigkeit zwischen zwei Klassen (c)

Eine andere Art von Assoziationen in UML bildet die *besteht-aus-Beziehung*. Es gibt zwei Typen solcher Beziehungen für Klassen: *Aggregation* und *Komposition*. Beide werden jeweils mit einer bestimmten Raute notiert, die Aggregation mit einer nicht ausgefüllten, die Komposition durch eine ausgefüllte Raute. Sie haben unterschiedliche Stärken bzgl. der Zugehörigkeit von Klassen. Falls eine Klasse aus einer Menge von Objekten einer anderen Klasse zusammengesetzt ist und unabhängig davon existiert, wird sie als *Aggregation* bezeichnet. Bei der *Komposition* besitzt eine Klasse die Objekte anderer Klassen, die jedoch ohne die Besitzer-Klasse nicht existieren können. Ein Objekt ist so bestimmt, dass es nicht ein Teil mehrerer Objekte der zusammengesetzten Klasse ist. Ein Teilobjekt existiert so lange wie das betreffende Objekt, zu dem es gehört (siehe Abbildung 26).

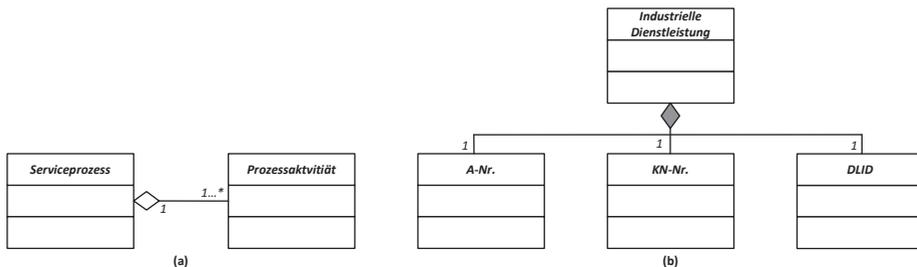


Abbildung 26: Aggregation und Komposition in UML-Notation

Wird eine Superklasse aus einer Menge aller Objekte ihrer Subklassen zusammengesetzt, liegt eine *Generalisierung* vor (siehe Abbildung 27).

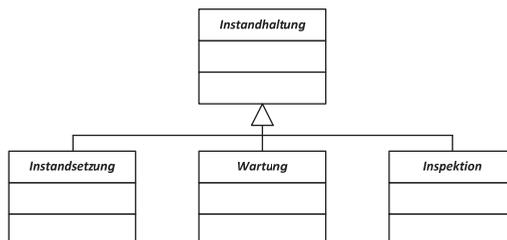


Abbildung 27: Generalisierung

Die Generalisierungsbeziehung wird durch ein nicht ausgefülltes Dreieck an der Superklasse grafisch dargestellt. Mit dem Konzept der Generalisierung verbindet sich das Konzept der *Vererbung*. Die Unterklassen erben dabei alle Attribute und Methoden ihrer Ober-

klasse. Ebenso kann eine Unterklasse von mehreren Oberklassen erben. Die Beziehungen werden durch die Kantenbeschriftungen zwischen den Klassen deklariert.

3.2.3 Business Process Modeling Notation (BPMN)

Die **B**usiness **P**rocess **M**odeling **N**otation (BPMN) [OMG11e] ist eine grafisch-basierte Modellierungssprache und liegt aktuell in der Version 2.0 vor. BPMN 2.0 unterscheidet die Diagrammtypen *Prozessdiagramm*, *Kollaborationsdiagramm*, *Choreographiediagramm* und *Konversationsdiagramm*. Der Schwerpunkt der BPMN liegt auf der grafischen Darstellung von Geschäftsprozessen. Als ein standardisiertes Format für die Speicherung und den Austausch von Diagrammen wird seit Version BPMN 1.1 die XML-basierte, ausführbare Modellierungssprache **X**ML **P**rocess **D**efinition **L**anguage (XPDL) [WfMC08] verwendet. Die grafische Darstellung der Geschäftsprozesse mit ihren Akteuren und Nachrichten wird durch ein Prozessdiagramm, ein **B**usiness **P**rocess **D**iagramm (BPD), modelliert. BPMN definiert drei Arten von Sub-Modellen innerhalb eines End-to-End-BPMN-Modells: *private (interne) Geschäftsprozesse*, *abstrakte (öffentliche) Prozesse* und *Kollaborationsprozesse (global)*. Innerhalb dieser drei Submodelle werden verschiedene Diagrammtypen erstellt wie *High-Level-Private Process Activities*, *Detailed Private Business Processes* oder auch *Collaboration Processes*. In einem *Kollaborationsdiagramm* wird das Zusammenwirken zwischen mehreren Geschäftsprozessen modelliert. Das *Choreographiediagramm* dient zur Darstellung der genauen Reihenfolge des Nachrichtenverlaufs. Bei umfangreichen Prozessabläufen mit einer Vielzahl von Partnern wird das *Konversationsdiagramm* genutzt, um eine vereinfachte Ansicht von Nachrichtenaustausch abbilden zu können. Die Grundelemente (*BPD Core Set Elements*) eines BPD-Diagramms sind *Flussobjekte*, *Verbindungsobjekte*, *Schwimmbahnen* und *Artefakte* (Abbildung 28).

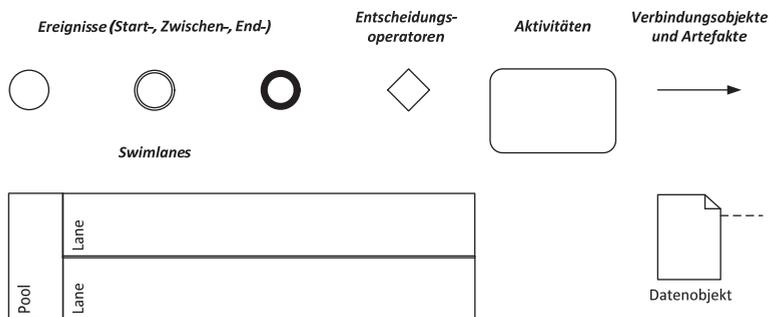


Abbildung 28: Beispiele für Flussobjekte, Verbindungsobjekte, Swimlanes und Artefakte

Flussobjekte können *Ereignisse*, *Aktivitäten* und *Gateways* sein. Diese Elemente definieren den Steuerfluss der Prozessmodelle. Ereignisse werden in Abhängigkeit des eintretenden Zeitpunkts in *Start-Ereignis*, *Zwischen-Ereignis* und *End-Ereignis* unterteilt. Aktivitäten beschreiben atomare oder komplexe Aufgaben in einem Prozess. Gateways sind Entscheidungspunkte zur Verzweigung oder Zusammenführung von Geschäftsprozessen und entscheiden über den Kontrollfluss. Verbindungsobjekte definieren Flussrelationen zwischen Elementen. *Swimlanes* dienen der Gruppierung und Unterteilung von Prozessschritten. Durch Artefakte können zusätzliche Prozessinformationen modelliert werden. Beispielhaft

wird in Abbildung 29 ein *Prozessdiagramm* eines Serviceprozesses mit BPMN modelliert. BPMN orientiert sich an Graph-, Petri-Netz-, EPK-, aber auch an UML-Aktivitätsdiagramm-basierten Notationen [We07]. Als nachteilig erweist sich im Vergleich zu anderen Modellierungssprachen wie EPK oder Petri-Netzen die große Menge der zur Verfügung stehenden Symbole, da die Übersichtlichkeit und Lesbarkeit der BPMN eingeschränkt wird. Eine vollständige, automatisierte Abbildung von BPMN auf WS-BPEL oder XPDL ist auf Grund der durch die Symbolvielfalt ausgelösten syntaktischen und semantischen Differenzen eher problematisch und wird von aktuellen Software-Werkzeugen bisher nicht unterstützt [FR10]. Das Vorgehen für eine entsprechende Transformation eines mit BPMN modellierten Prozesses in XPDL ist in der XPDL-Spezifikation beschrieben [WfMC08].

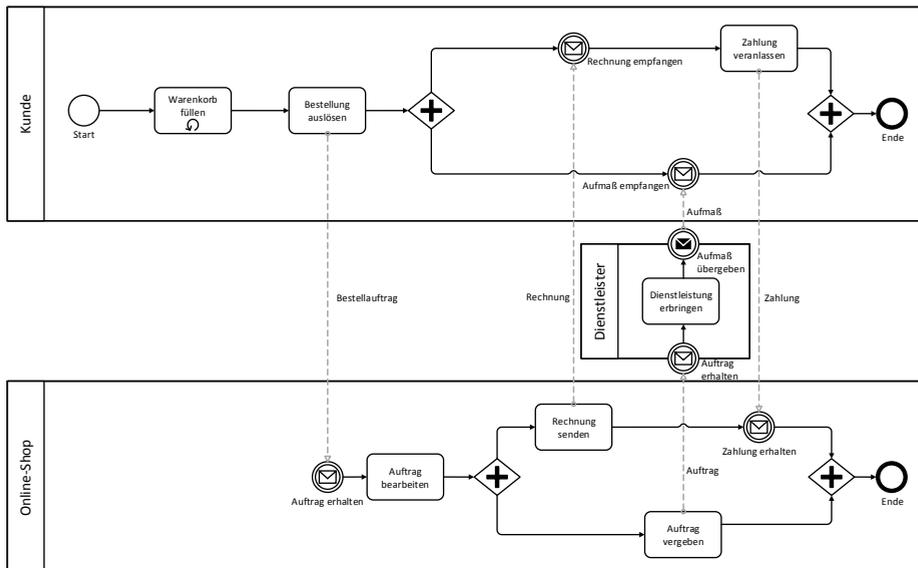


Abbildung 29: BPMN-Diagramm „Einkauf von Dienstleistungen“

3.2.4 Weitere Geschäftsprozessmodellierungssprachen

Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) ist eine semiformale, grafische Modellierungssprache zur Darstellung von Geschäftsprozessen eines Unternehmens für die Geschäftsprozessmodellierung [Sc02a]. EPK sind nicht formal definiert und geben eher betriebswirtschaftliche als technische Aspekte wieder [We07]. EPKs sind gerichtete, bipartite Graphen, die aus *Knoten (Funktion, Ereignis, Verknüpfungsoperatoren (XOR, OR, AND))* und *Kanten (Daten- und Kontrollfluss)* gebildet werden. Eine erweiterte Form der Modellierungsmethode EPK stellt die erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) dar. Sie erweitert die in der EPK dargestellten logischen Abläufe eines Geschäftsprozesses um die syntaktischen Konzepte mit den Elementen der *Organisations-, Daten- und Leistungsmodellierung*. Mit eEPK lassen sich Datenflüsse, Organisationseinheiten oder Anwendungssysteme integriert beschreiben. Die zur grafischen Modellierung verwendeten Symbole einer eEPK werden in einem Modellierungsbeispiel „Kundenanfrage bearbeiten“ aufge-

nommen (Abbildung 30). Die EKP-Methode wird als eine Variante des um logische Verknüpfungsoperatoren erweiterten Stellen/Transitions-Netzes (S/T-Netz) verstanden [Aa99a] und bietet wie die Petri-Netze eine prozessorientierte Betrachtung der Daten- und Funktionssicht. Im Vergleich zu Petri-Netzen weisen EPK eine hohe Anschaulichkeit und Sichtintegrationsfähigkeit auf, lassen aber nur eine statische Sicht auf Prozessstrukturen zu. In der betrieblichen Praxis sind EPKs weit verbreitet, wenn sie auch aufgrund ihrer eingeschränkten Ausdrucksmächtigkeit Schwächen bei der phasenübergreifenden Steuerung und Kontrolle von Geschäftsprozessen aufweisen. Im Vergleich zu formalen Modellierungssprachen wie beispielsweise zu Petri-Netzen sind weder Syntax noch Semantik von EPKs präzise definiert [Aa99a]. EPKs sind syntaktisch und semantisch informell und besitzen keine ausreichenden Regeln für die Modellausführung [ADK02]. Die Korrektheit eines EPK-Modells wird erst nach der Überführung in ein formales, auf Petri-Netz-basiertes Modell überprüft.

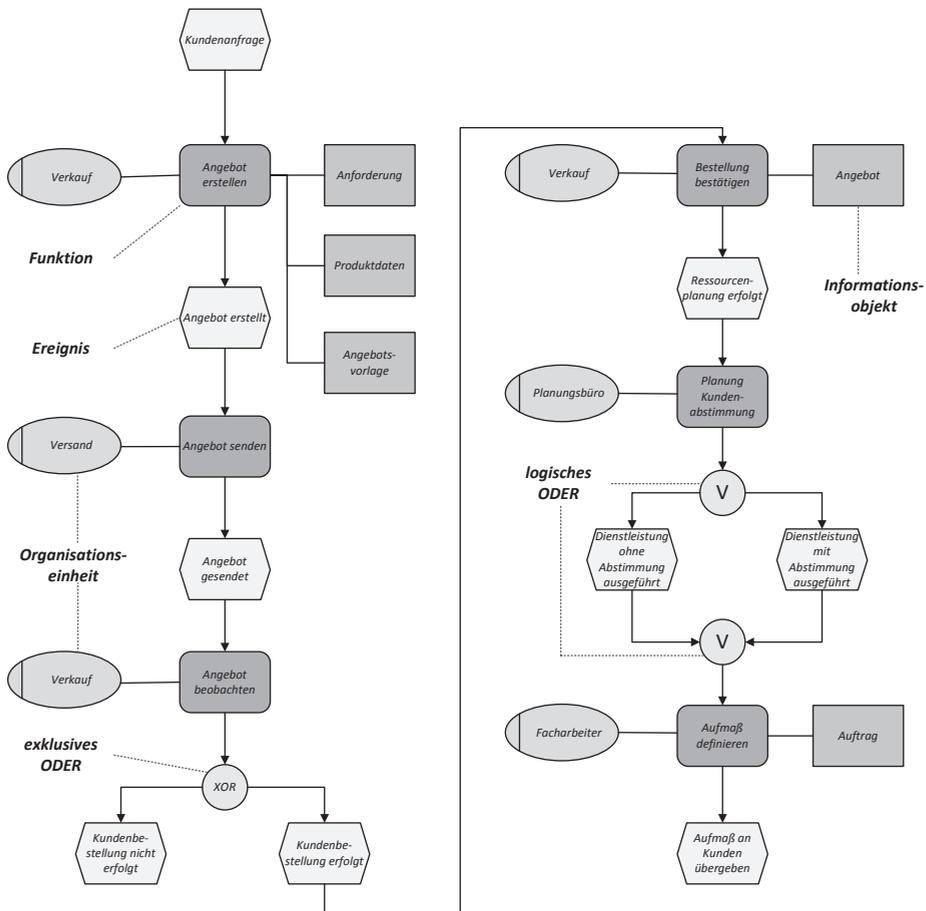


Abbildung 30: Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) „Kundenanfrage bearbeiten“

Die XML Process Definition Language (XPDL) ist eine Modellierungssprache in der XML-Notation zur Beschreibung von ausführbaren Geschäftsprozessen [WfMC08]. Die XPDL stellt ein Dateiformat zur Verfügung, das auf der Grundlage der BPMN die Spei-

cherung und den Austausch von Prozessdefinitionen ermöglicht. Mit XPDL liegt ein standardisierter, allgemeiner, hersteller- und anwendungsunabhängiger Ansatz für ein Austauschformat von Prozessmodellen vor [WfMC08]. Seit der Version 2.0 bietet die XPDL eine vollständige Unterstützung der grafischen Prozessbeschreibung von BPMN. Insbesondere die Integration BPMN-spezifischer Klassen in die XPDL 2.0 zur Darstellung mit BPMN modellierter Geschäftsprozesse (*Pool*, *Lane*, *Gateway* und *Ereignis*) trägt zur Standardisierung der Transformation von BPMN nach XPDL bei. Das Beispiel aus Abbildung 31 zeigt die Struktur eines BPMN-Prozesses mit einer exklusiven ODER-Verzweigung in BPMN-Notation grafisch auf.

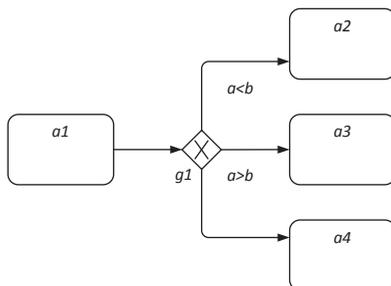


Abbildung 31: Exklusive ODER-Verzweigung in BPMN-Notation [WfMC08]

Listing 2 zeigt die zugehörige XPDL-Beschreibung.

```

<WorkflowProcess Id="Exclusive Gateway">
  <ProcessHeader/>
  <Activities>
    <Activity Id="3" Name="a1"/>
    <Activity Id="4" Name="g1">
      <Route GatewayType="Exclusive" MarkerVisible="TRUE"/>
      <TransitionRestrictions>
        <TransitionRestriction>
          <Split Type=" Exclusive " >
            <TransitionRefs>
              <TransitionRef Id="9"/>
              <TransitionRef Id="10"/>
              <TransitionRef Id="11"/>
            </TransitionRefs>
          </Split>
        </TransitionRestriction>
      </TransitionRestrictions>
    </Activity>
    <Activity Id="5" Name="a2"/>
    <Activity Id="6" Name="a3"/>
    <Activity Id="7" Name="a4"/>
  </Activities>
  <Transitions>
    <Transition Id="8" Name="" From="3" To="4" FlowType="SequenceFlow"/>
    <Transition Id="9" Name="" From="4" To="5" FlowType="SequenceFlow">
      <Condition Type="CONDITION">a< b</Condition>
    </Transition>
    <Transition Id="10" Name="" From="4" To="6" FlowType="SequenceFlow">
      <Condition Type="CONDITION">a> b</Condition>
    </Transition>
    <Transition Id="11" Name="" From="4" To="7" FlowType="SequenceFlow">
      <Condition Type="OTHERWISE"/>
    </Transition>
  </Transitions>
</WorkflowProcess>
  
```

Listing 2: Exklusive ODER-Verzweigung im XPDL-Format

Die *Web Service Business Process Execution Language (WS-BPEL)* in der Version 2.0 [OASIS07a] basiert auf XML und ist eine Sprache zur Ausführung von Geschäftsprozessen mit Hilfe von Web Services. Unter Anwendung von WS-BPEL lassen sich komplexe Prozesse (BPEL-Prozesse) komponieren, indem unterschiedliche Aktivitäten erstellt und zusammengefasst werden. WS-BPEL beschreibt einen Geschäftsprozess durch das Zusammenwirken von Web Services, indem ein neuer Web Service aus vorhandenen atomaren Web Services komponiert wird. WS-BPEL unterstützt das Management unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse durch die Beschreibung von Rollen und Schnittstellen. Der Nachrichtenaustausch der modellierten Geschäftsprozesse erfolgt über WSDL-Schnittstellen. WS-BPEL-Prozesse sind entweder *abstrakt* oder *ausführbar*. Ein abstrakter WS-BPEL-Prozess ist ein nur teilweise spezifizierter Prozess und kann zur Ausführung notwendige, operative Details verbergen, die mittels eines ausführbaren Artefakts ausgedrückt werden. Ein WS-BPEL-Prozess nutzt Partner (*PartnerLinks*) zur Ausführung externer Aktivitäten, die jeweils durch ein WSDL-Dokument beschrieben sind. Da ein WS-BPEL-Prozess eine WSDL-Schnittstelle besitzt, repräsentiert er nach außen einen Web Service. Eine WS-BPEL-Prozessdefinition umfasst *PartnerLinks*, *Variablen*, *Aktivitäten* sowie optionale *Konstrukte*. Die ausführbaren WS-BPEL-Prozessbeschreibungen werden durch *Orchestrierungs-Engines* interpretiert und ausgeführt.

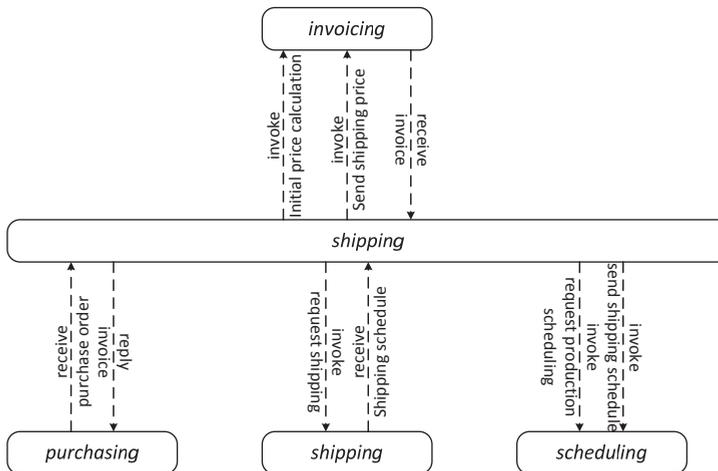


Abbildung 32: Service-Komposition mit WS-BPEL [We07]

Eine abstrakte Sicht eines *Purchase Order-Web Service-Komposition* mit WS-BPEL zeigt das Kommunikationsverhalten der Servicekomposition mit einem Web Service auf (Abbildung 32). In Listing 3 wird die abstrakte Struktur als vereinfachtes WS-BPEL in XML-Repräsentation dargestellt. *WS-BPEL Extension for People (WS-BPEL4People)* [IBM07a, OASIS07b] ist eine Erweiterung der WS-BPEL und definiert die Einbindung einer rollenbasierten menschlichen Interaktion. WS-BPEL4People nutzt die Spezifikation *WS-HumanTask*⁵⁵ [IBM07b, OASIS07c].

⁵⁵ *WS-HumanTask* ist eine Spezifikation über die Einbindung menschlicher Interaktion in Geschäftsprozesse [IBM07b]. WS-BPEL4People nutzt die Spezifikation WS-HumanTask. Während WS-BPEL4People die

```

Sequence
// Receive Purchase Order, partner link purchasing
receive PO
flow
  // defining links between activities
  links
    link name = ship-to-invoice
    link name = ship-to-scheduling
  sequence
    // Decide on Shipper, partner link shipping
    invoke requestShipping (in: shippingRequest, out: shippingInfo)
      source ship-to-invoice
    // Arrange Logistics activity, partner link shipping
    receive shippingSchedule
    source ship-to-scheduling
  sequence
    // Initial Price Calculation, partner link invoicing
    invoke initialPriceCalculation (in: PO)
    // Complete price Calculation, partner link invoicing
    invoke sendShippingPrices (in: shippingInfo)
      target ship-to-invoice
    // Receive invoice, partner link invoicing
    receive Invoice
  sequence
    // Initiate production Scheduling, partner link Scheduling
    invoke requestProductionScheduling (in: PO)
    // Complete production Scheduling, partner link Scheduling
    invoke sendShippingSchedule (in: shippingSchedule)
      target ship-to-Scheduling
// Invoice Processing, partner link purchasing
reply Invoice

```

Listing 3: Vereinfachte Struktur von WS-BPEL als XML-Repräsentation [We07]

3.3 Modellierung von Prozessobjekten

Die Modellierung von Geschäftsprozessen berücksichtigt die Abbildung von Prozessobjekten, die die Grundlagen für jede Analyse und Kontrolle bilden. Um zusätzliche Abstraktionsmechanismen zur darstellungsunabhängigen Beschreibung von Informationsstrukturen und Prozessobjekten zur Verfügung zu stellen, entstanden *semantische Datenmodelle*. Semantische Modelle versuchen, die Bedeutungen der sicher zusammenhängenden Begriffe und die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen ihnen in einem überschaubaren Modell zu ordnen. Die Basiselemente semantischer Datenmodelle sind *Entities* (unterscheidbares *Real World* Objekt), *Properties* (Eigenschaften, die ein Objekt beschreiben) und *Relationships* (Zusammenhänge zwischen Entities). Semantische Modelle sind intuitiv und verständlich, zeigen durch die Modellierung eine größere Nähe zur *realen Welt* und werden durch grafische Notationen veranschaulicht. Bullinger und Fähnrich [BF97] führen als bekannte semantische Modelle das Entity-Relationship-Modell (*ER-Modell*) [Ch76], *semantische Netze*⁵⁶, das strukturierte Entity-Relationship-Modell (*SERM*)⁵⁷, erweitertes

konkrete Einbindung menschlicher Interaktion in Geschäftsprozesse vorsieht, stellt WS-HumanTask mehr eine abstrakte Beschreibung von menschlicher Interaktion sowie den Zugriff darauf zur Verfügung.

⁵⁶ *Semantische Netze* stellen eine grafische Form der Wissensrepräsentation dar und werden durch verallgemeinerte Graphen repräsentiert. Zur Visualisierung werden Knoten und Verbindungen zwischen diesen Knoten verwendet. Die Knoten des Graphen stellen dabei die Begriffe dar. Beziehungen zwischen den Begriffen werden durch die Kanten des Graphen realisiert [Re10b].

⁵⁷ Die *Strukturierte Entity-Relationship-Modellierung* (*SERM*) erhebt den Anspruch, die Datenmodellierung nach der Entity-Relationship-Methode zu erweitern [Si88].

*Entity Relationship Modell (eERM)*⁵⁸, das *Semantic Association Modell (SAM)* [SL80], das *Semantic Database Model (SDM)* [HK87], das *Extended Semantic Hierarchy Modell (SHM+)* [TYF86], das *Semantisch hierarchische Objektmodell (SHO)* [FS90] und das *CIM-OSA* [Ve86] an. Für die Darstellung statischer Eigenschaften auf einer konzeptuellen Ebene haben sich von den semantischen Datenmodellen das *Entity Relationship Modell* [Ch76] und das *Semantisch-hierarchische Objektmodell* [Br82] bewährt [BF97]. Das ER-Modell ist das wohl am häufigsten eingesetzte Datenmodell. Das SHO-Modell kombiniert relationale Konzepte mit wichtigen Beziehungen semantischer Netze [HK87].

3.3.1 XML-Schema-Modell (XSM)

Lenz [Le03a, LO01, LO03] entwickelt das *XML-Schema-Modell (XSM)* zur grafischen Modellierung von XML-Schema. Der XML-Standard bietet eine Basistechnologie für verschiedene Sprachen zur Beschreibung von Dokumentenklassen [W3C04a, W3C04b], zur Transformation der Dokumentenstrukturen, zur Definition unterschiedlicher Darstellungen der elektronischen Dokumente [W3C07a, W3C10a, W3C11a] und zur Definition von Namensräumen [W3C06a]. Die von dem W3C herausgegebene Empfehlung der XML-Spezifikation definiert eine Metasprache, auf deren Basis anwendungsspezifische Sprachen durch strukturelle und inhaltliche Einschränkungen beschreiben lassen. Diese Einschränkungen werden durch Schemasprachen wie *Document Type Definition (DTD)* [W3C08] oder *XML Schema Definition Language (XML-Schema)* [W3C04a, W3C04b, W3C04c, W3C09a, W3C09b] ausgedrückt. Die XML-Spezifikation definiert, wie ein Dokument strukturiert und wie eine Dokumententyp-Deklaration, *Document Type Definition (DTD)* [W3C08], für eine Klasse von Dokumenten aufzubauen ist. DTDs weisen allerdings Schwächen und Beschränkungen auf. Für Elementtypen mit einem nicht komplexen Inhaltsmodell kann beispielsweise kein Datentyp angegeben und die Anzahl möglicher Instanzen eines Elements nicht definiert werden. Diese Nachteile führten zur Entwicklung weiterer Varianten für die Definition der Dokumentstruktur, zu den *XML-Schemasprachen*. Eine XML-Schemasprache ist eine Sprache zur Klassifizierung von XML-Dokumenten und zur syntaktischen Beschreibung ihrer Struktur und ihres Inhalts. XML-Schemasprachen basieren auf der XML-Syntax mit speziellen XML-Markups zur Beschreibung von Dokumenten, sodass keine separate Syntax mehr notwendig ist. Die bekannteste Schemasprache ist die von der W3C definierte Schemasprache *XML Schema Definition Language (XSD)* [W3C04a, W3C04b, W3C04c, W3C09a, W3C09b]. Im Gegensatz zu DTD entspricht die Syntax der XML-Schema Definition Language der XML-Syntax. Die Struktur der Elemente, ihre Anordnung, die Werte von Elementen und Attributen nach Typvorgabe und die Eindeutigkeit von Werten einer Instanz lassen sich durch XSD überprüfen [Vo11]. Ein konkretes XML-Schema wird als *XML-Schema Definition* und ein wohlgeformtes XML-Dokument als *Dokumenttypinstanz* bezeichnet. Ein XML-Schema kann unabhängig definiert oder aus mehreren Schemata komponiert werden. Bei einer Schemakomposition ist der Import weiterer definierter Schemata mit unterschiedli-

⁵⁸ Das erweiterte *Entity Relationship Modell (eERM)* erweitert die eingeführten ER-Modelle um Konzepte der Generalisierung/Spezialisierung, Gruppierung und stellt Kardinalitäten in einer Min/Max-Notation dar [Sc91].

chen Namensraumdefinitionen möglich. XML-Schemata werden im Rahmen der Arbeit für die integrative Modellierungsmethode, zur Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten sowie für die Beschreibung von elektronischen Datenformaten im E-Business von Dienstleistungen verwendet⁵⁹. Das folgende Beispiel beschreibt den Aufbau eines XML Schemas (siehe Listing 4).

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:common="http://www.ebusinstand.org/schema/v1.2/common elementForm-
Default=qualified" attributeFormDefault="unqualified">
<xsd:annotation>
<xsd:documentation xml:lang="DE">Lieferantenadresse</xsd:documentation>
</xsd:annotation>
  <xsd:element name="Lieferant">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence maxOccurs="1">
        <xsd:element ref="Lieferantenadresse"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
  <xsd:element name="Lieferantenadresse">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="Name" type="common:name"/>
        <xsd:element name="Strasse" type="common:street"/>
        <xsd:element name="HNr" type="common:hnr"/>
        <xsd:element name="PLZ" type="common:pc"/>
        <xsd:element name="Ort" type="common:ort"/>
        <xsd:element name="Email" type="common:mail"
minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      </xsd:sequence>
      <xsd:attribute name="ID"/></xsd:attribute>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
</xsd:schema>
```

Listing 4: XML-Schema einer Lieferantenadresse

Gemäß diesem Schema lassen sich verschiedene gültige XML-Dokumente erzeugen. Ein zum obigen Beispiel gültiges XML-Dokument als Instanz eines XML-Dokuments könnte beispielsweise wie in Listing 5 aussehen.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Lieferant ID="12345">
  <Name>FZI Forschungszentrum Informatik</Name>
  <Strasse>Haid-und-Neu-Strasse</Strasse>
  <HNr>10</HNr>
  <PLZ>76131</PLZ>
  <Ort>Karlsruhe</Ort>
  <Email>info@fzi.de</Email>
</Lieferant>
```

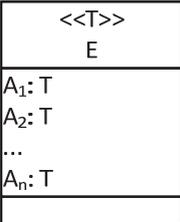
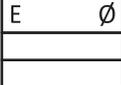
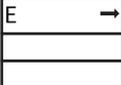
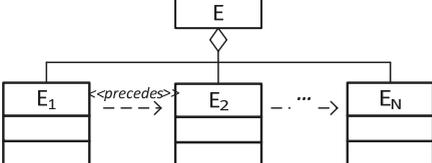
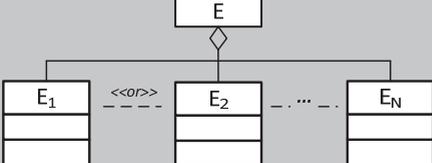
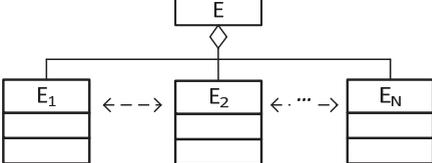
Listing 5: Instanz eines XML-Dokuments einer Lieferantenadresse

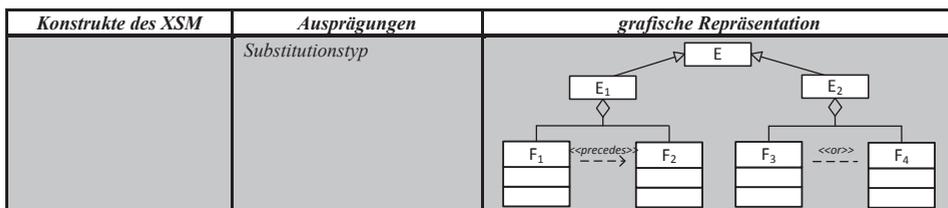
Zur Definition von XML-Schemata existiert keine standardisierte, grafische Notation. Es besteht eine Vielzahl kommerzieller und nicht-kommerzieller Editoren, die den textbasierten Entwurf von XML-Schemata unterstützen. Bekannte Editoren sind bspw. *Altova XML Spy* [A11], *Liquid XML* [Li11], *oXygen XML Editor* [Ox11], *UltraEdit* [Ul11] oder auch freie Open-Source Editoren wie *XMLmind XML Editor* [Xm11]. Die grafische Repräsentation von komplexen XML-Dokumenten wird weder durch XML-Schema noch durch existierende Softwarewerkzeuge ausreichend unterstützt.

⁵⁹ Detaillierte Beschreibungen der XSD finden sich bspw. in [Be09a] und [Vo11].

Das XML-Schema-Modell (XSM) bildet die Grundlage für die grafische Beschreibung von Datenstrukturen in XML-Netzen und soll daher im Folgenden erläutert werden. Die grafische Repräsentation der Prozessobjekte erfolgt mit Hilfe von UML und beschreibt die sogenannten XML-Schema-Diagramme, die dadurch dargestellt werden. Bei der gewählten grafischen Darstellung wird teilweise eine vereinfachte Notation verwendet, die in die korrespondierende UML-Notation überführt wird [LO03]. Die Konstrukte des XML-Schema-Modells sind *Elementtypen*, *Attribute* und *Assoziationstypen*, die durch UML-Klassen repräsentiert werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Grafische Repräsentation von Konstrukten des XSM [Le03a]

Konstrukte des XSM	Ausprägungen	grafische Repräsentation
<i>Elementtypen</i>	<i>Allgemeiner Elementtyp</i>	
	<i>Leerer Elementtyp</i>	
	<i>Elementreferenz</i>	
	<i>Elementplatzhalter</i>	
<i>Assoziationstypen</i>	<i>Generaltyp</i>	
	<i>Sequenztyp</i>	
	<i>Auswahltyp</i>	
	<i>Permutationstyp</i>	



Elementtypen sind *allgemeiner Elementtyp*, *leerer Elementtyp*, *Elementreferenz* und *Elementplatzhalter*. Jeder dieser Elementtypen wird mit *Attributen* genauer spezifiziert. Dabei sind jedem Elementtyp E vom Typ T mit den Attributen A_1 bis A_n Werte im definierten Wertebereich $W(A_n)$ zugewiesen. Atomare, nicht-leere Elementtypen werden durch die Angabe ihres Datentyps näher beschrieben. Die Verwendung von *Zeichenketten* durch drei Striche (\equiv) und *natürliche Zahlen* durch drei Punkte ($\cdot\cdot\cdot$) zur Kennzeichnung dienen der vereinfachten Darstellung. Dem allgemeinen Elementtyp werden ein Name, eine Menge von Attributen und ein Datentyp zugeordnet. Leere Elementtypen (*empty*) haben keinen Inhalt, können aber Attributwerte besitzen. Elementreferenzen (*ref* $\langle A \rangle$) besitzen keine Attribute und keinen Datentyp und erlauben die Wiederverwendung von bereits deklarierten Elementtypen. Ein Elementplatzhalter (*anyType*) besitzt keine Datentypen und stellt den allgemeinsten Elementtypen dar. Elementplatzhalter repräsentieren Elemente, deren Typ der Modellierung noch nicht eindeutig festgelegt werden können. Sie stehen für einen beliebigen Typ mit beliebigen Attributen und besitzen keinen eigenen Typ und keine eigenen Attribute. Die Beziehungen zwischen Elementen werden mit Hilfe von *Assoziationstypen* genauer beschrieben. Sie erklären die Bildung von komplexen Elementtypen aus atomaren Elementtypen. Einem Elementtyp wird ein vordefinierter oder abgeleiteter Datentyp der XML-Schema Language zugeordnet. Ein komplexer Elementtyp setzt sich aus Inhalten anderer atomarer oder komplexer Elementtypen zusammen. Ein Top-level-Elementtyp ist ein atomarer oder komplexer Elementtyp, der nicht Subtyp eines Assoziationstyps ist. Assoziationstypen erlauben die Modellierung von Aggregationen, Substitutionen, Schachtelungen, Generalisierungen und Schlüsselbeziehungen. Es werden lokale und globale Assoziationstypen unterschieden. *Lokale Assoziationstypen* (*asc* $\langle E|X_1, \dots, X_n \rangle$) lassen sich aus *Supertypen* und *Subtypen* bilden. *Globale Assoziationstypen* (A : *asc* $\langle E|X_1, \dots, X_n \rangle$ ($n \geq 1$)) besitzen keine Supertypen, sondern werden über einen Namen, Subtypen und Referenzen auf Subtypen definiert. Lokale Assoziationstypen sind durch UML-Assoziationen (Aggregationen) definiert und grafisch durch die UML-Aggregationsanweisung umgesetzt. Dabei existieren drei Assoziationstypen: *Sequenz*, *Auswahl* und *Permutation*. Der *Sequenztyp* (*sequence*) setzt einen Supertyp E_1 aus einer Folge von Subtypen $E_1 - E_n$ zusammen. In XML-Schema-Modellen werden die einzelnen Elementtypen eines Sequenztyps gemäß ihrer Abfolge von links nach rechts angeordnet dargestellt. Der *Auswahltyp* (*choice*) bildet den Inhalt eines Supertypenelements aus Elementen genau eines Subtyps E_1 . Der *Permutationstyp* (*all*) definiert ein Element des Supertyps E aus höchstens einem Element jedes Subtyps E_i .

Elementtypen wird eine *Kardinalität* bzgl. des Assoziationstyps paarweise durch eine Minimum-Kardinalität und eine Maximum-Kardinalität angegeben. Standardmäßig gilt die

Kardinalität von 1, aber es sind auch verschiedene andere Kardinalitäten möglich. Jedem Elementtyp, der Subtyp eines Assoziationstyps ist, wird eine Kardinalität ($card(E)$) zugeordnet. Die Kardinalität beschreibt, wie viele Elemente dieses Typs existieren (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Kardinalitäten von Elementtypen im XSM

Kardinalität eines Elementtyps E	Definition	Kardinalitätsangabe im XML-Schema-Modell (XSM)
$card(E)=(0,1)$	Es darf höchstens ein Element vom Typ E auftreten.	0..1
$card(E)=(1,1)$	Es gibt genau ein Element vom Typ E .	Standardkardinalität (keine Angabe notwendig)
$card(E)=(0,*)$	Es kann beliebig viele Elemente vom Typ E geben, es muss aber kein Element vorhanden sein.	*
$card(E)=(1,*)$	Es gibt mind. ein Element vom Typ E , die Anzahl ist jedoch unbeschränkt.	1..*
$card(E)=(4,7)$	Es gibt mind. vier und höchstens sieben Elemente vom Typ E .	4..7

Das Beispiel in Abbildung 33 zeigt die Grundkonzepte von *Generaltyp* (**Ressource**), *Substitutionstypen* (**Fachkraft**, **externer Faktor** und **Material**), *Aggregationen*, *Kardinalitäten* und *Schlüsselbeziehungen* von grafischen XML-Schemata. Mehrere **Dienstleistungen** sind einem Element **hybrides Leistungsbündel** zugeordnet. **Externer Faktor**, **Fachkraft** und **Material** zählen zu **Ressource**. **Externer Faktor** (EF), **Fachkraft** (HR) und **Material** (M) werden über Substitutionstypen definiert. Eine **Fachkraft** ist durch einen Namen und einen Kontakt bestimmt. Die Zuordnung von **Fachkraft**, **externer Faktor** und **Material** zu **Ressource** findet über die Fremdschlüsselbeziehungen (**HR-SI**, **EF-SI** und **M-SI**) statt: Dienstleistungen werden über den Schlüssel (**K-SI**) eindeutig identifiziert und über die **DID** selektiert. Die Selektion von **HR**, **EF** bzw. **M** geht mit Hilfe der Fremdschlüsselbeziehung über die Nummern **HRID**, **EFID** und **MID** vonstatten. Die Zuordnung von einer **Dienstleistung** mit der **DID** zu einem **hybriden Leistungsbündel** geschieht analog über den Fremdschlüssel **H-SI**.

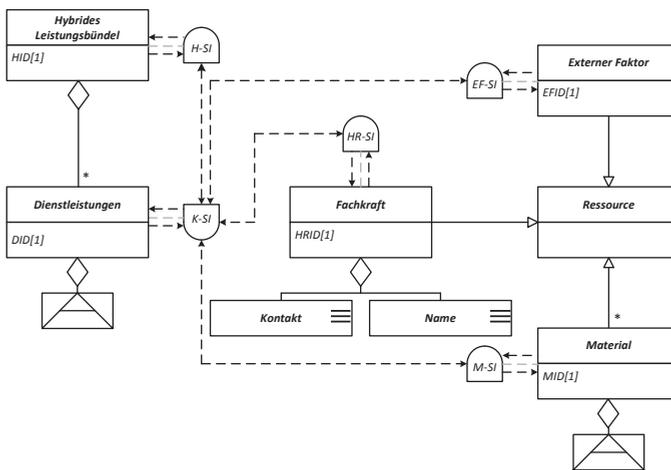


Abbildung 33: XSD mit Elementtypen, Substitutionstypen, Kardinalitäten, Schlüsselbeziehungen

XML-Schema ohne Referenzen auf Elementtypen oder Assoziationstypen sind *referenzfreie XML-Schemata*. XML-Schemata ohne Substitutionstypen werden als *substitutionsfreie XML-Schemata* bezeichnet. Ist ein Schema referenz- und substitutionsfrei, so wird es als *elementares XML-Schema* bezeichnet. Jedem Elementtyp und jedem Attribut ist in einem XML-Schema der Datentyp anzugeben.

Im Rahmen einer *Schematransformation (Netztransformation)* von XML-Schema-Diagrammen werden *Verfeinerungen*, *Vergrößerungen*, *Einbettungen* oder *Restriktionen* vorgenommen. Schematransformationen bilden eine Menge der XML-Schemata in sich ab, d. h.: Das resultierende Schema ist wieder ein XML-Schema. Schematransformationen sind nötig, um unter anderem den schrittweisen Entwurf von XML-Schemata zu unterstützen. Lenz [Le03a] schlägt den *top-down*-Entwurf von XML-Schemata (Verfeinerung und Einbettung) und den *bottom-up*-Entwurf (Einbettung) vor. So sind Teile eines XML-Schemata mit Hilfe einer *Verfeinerung* detaillierter zu betrachten bzw. detaillierte Teile durch eine Vergrößerung der XSD auszublenden. Im Beispiel in Abbildung 34 wird die Verfeinerung eines XSD verdeutlicht, wie die detaillierte Beschreibung der Adressdaten ausgeblendet wird. Im ursprünglichen Schema ist der Elementtyp *Kontakt* mit dem Datentyp *anyType* belegt.

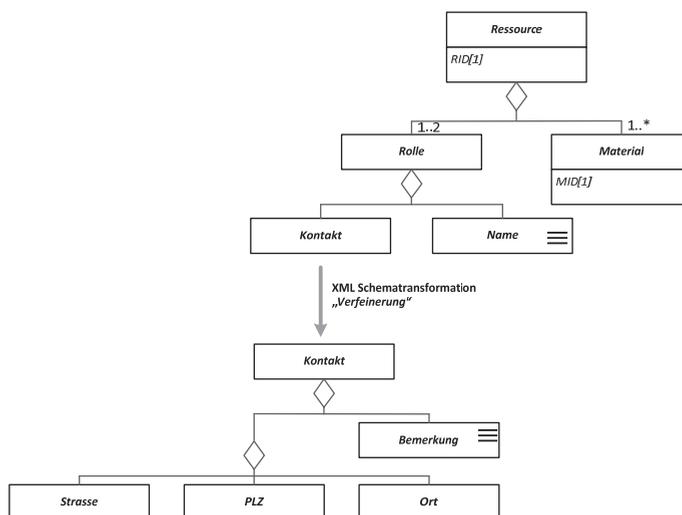


Abbildung 34: XML-Schema-Transformation *Verfeinerung*

4 Elektronische Beschaffung von Dienstleistungen

Das Kapitel „*Elektronische Beschaffung von Dienstleistungen*“ befasst sich mit den Grundlagen von Dienstleistungen, der industriellen Dienstleistungsbeschaffung und mit der Standardisierung in der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung. Die spezifischen Eigenschaften von Dienstleistungen und insbesondere von industriellen Dienstleistungen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen. Der *Abschnitt 4.1* erläutert die Grundlagen von Dienstleistungen. Ihre Bedeutung, Systematisierung und Merkmale werden beschrieben. Ansätze zur Definition und Beschreibung der Dienstleistungsqualität werden betrachtet. Die Grundlagen der hybriden Wertschöpfung vertieft *Abschnitt 4.2*. Hybride Produkte, industrielle Dienstleistungen und Instandhaltungsdienstleistungen werden vorgestellt. Der *Abschnitt 4.3* führt in die Grundlagen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung ein. Wertschöpfungsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung und ihre Ausprägungen in industriellen Dienstleistungsnetzwerken werden erläutert. Die Unterschiede in der Beschaffung von Sach- und Dienstleistungen werden aufgezeigt und Einflussgrößen auf die Dienstleistungsbeschaffung dargestellt. Auf die Standardisierung in der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung geht *Abschnitt 4.4* ein. Nach den Grundlagen der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung lassen sich die elementaren Gestaltungsmöglichkeiten für die elektronische Handelbarkeit von Dienstleistungen aufzeigen. Standardisierung und Bedeutung von Standards werden aufgeführt und Grundlagen von existierenden E-Business-Standards für die Dienstleistungsbeschaffung vorgestellt.

4.1 Grundlagen von Dienstleistungen

Nach der Volkswirtschaftslehre ist eine *Dienstleistung* ein ökonomisches Gut, das nicht als materielle Produktion oder materieller Wert eines Endprodukts anboten wird, sondern als eine von einer natürlichen oder juristischen Person zu einem Zeitpunkt oder in einem Zeitrahmen erbrachte Leistung zur Deckung eines Bedarfs. Der Dienstleistungsbegriff lässt sich aus unterschiedlichen Perspektiven definieren. Dabei lassen sich auf höchster Definitionsebene *institutionelle* und *betriebswirtschaftliche* Dienstleistungsdefinitionen unterscheiden [CG07, Hi84]. Zu den *institutionellen Ansätzen* gehört die *ökonomische Drei-Sektoren-Theorie* von Jean Fourastié. Sie teilt eine Volkswirtschaft in einen *primären Sektor* (Land- und Forstwirtschaft), einen sekundären Sektor (verarbeitendes Gewerbe und Industrie) und in einen *tertiären Sektor* ein [Ha05, MB09]. Der tertiäre Sektor umfasst Dienstleistungsbranchen wie Handel, Verkehr und Logistik, Nachrichtenübertragung, Reparatur und Instandhaltung. Nach der *ökonomischen Theorie des Wirtschaftskreislaufs* [Sc61] werden Aktivitäten betrachtet, die direkt oder indirekt der Befriedigung von Bedürfnissen durch Güter dienen. Güter sind in diesem Sinne alle Mittel, die Bedürfnisse des Menschen direkt oder indirekt zufriedenstellen. Handelnde Wirtschaftssubjekte auf Märkten suchen spezifische Objekte aus. Objekte sind Produktionsgüter, Faktorleistungen oder Forderungen. Unternehmen produzieren Güter, indem sie andere Güter, die Faktorleistungen und Vorleistungen, einsetzen und kombinieren. Neben den Ansätzen aus einer institu-

tionellen Sichtweise beruhen nach Corsten [CG07, Co84] *betriebswirtschaftliche Definitionsansätze* auf der betriebswirtschaftlichen Leistungssichtweise und gehen von den Unterschieden zu materiellen Sachleistungen⁶⁰ aus (siehe Abbildung 35).

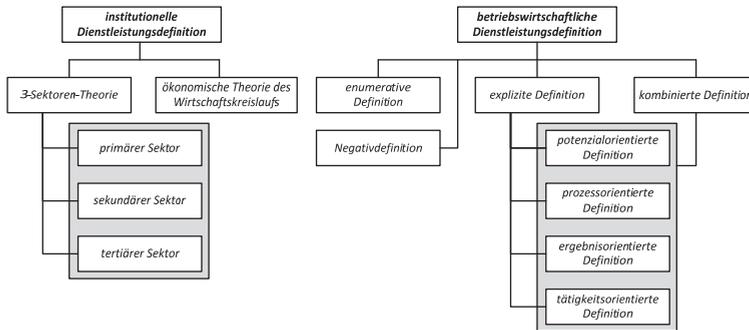


Abbildung 35: Betriebswirtschaftliche und institutionelle Ansätze zur Bestimmung des Dienstleistungsbegriffs [CG07, Hi84]

Vorhandene leistungsorientierte Begriffsdefinitionen lassen sich in die Gruppen *enumerative Definitionen*, *Negativdefinitionen*, *explizite Definitionen* auf Grund konstitutiver Merkmale (siehe Abschnitte 4.1.2.1 und 4.1.2.2) und *kombinierter Definitionen* einteilen [Co85]. Die *enumerative Abgrenzung* versucht, einen Begriff durch Aufzählung von Bereichen oder Beispielen abzugrenzen. Dieser Prozess führt aber zu einer immer längeren Liste von Leistungen, ohne Kriterien für eine Abgrenzung von Dienstleistungen zu schaffen oder für eine präzise Trennung zu sorgen. Bei den enumerativen Definitionen werden keine Kriterien erarbeitet, die eine Dienstleistung eindeutig identifizierbar machen. Die *Negativabgrenzung* betrachtet die Dienstleistungen als Gegenstück, als eine Nicht-Sachleistung. Zwar kommt sie dem allgemeinen Verständnis von Dienstleistungen sehr nahe, verlagert aber das Definitionsproblem nur auf den Begriffsbereich der Sachleistung. Sie ist daher als *wissenschaftliche Verlegenheitslösung* [CG07] anzusehen. Des Weiteren könnten bei der Negativabgrenzung die vielfältigen Erscheinungsformen von Dienstleistungen zu wenig Beachtung finden [SGK06]. Die *konstitutive Abgrenzung* determiniert Dienstleistungen durch die konstitutiven und sie prägenden Merkmale. Dieser Ansatz gilt als wissenschaftlich sinnvoll [Ja98, MB09]. *Explizite Definitionsansätze* bestimmen den Begriff Dienstleistung auf der Basis konstitutiver Leistungsmerkmale, die als spezifische Charakteristika für Dienstleistungen angesehen werden.

Trotz der wachsenden Bedeutung von Dienstleistungen als Wirtschaftsfaktor in den Volkswirtschaften und trotz zahlreicher Ansätze, Dienstleistungen zu definieren, gelingt es nicht, eine allgemein, einstimmig anerkannte Definition des Dienstleistungsbegriffs [MF08, St96b] und ihre Abgrenzung zu Sachleistungen [Wo96] abzubilden. Diese Begriffsvielfalt ergibt sich durch die Heterogenität des Objekts Dienstleistung und die enge Verzahnung von Dienstleistungen und Sachleistungen [Ha05]. Die Definition von Meffert und Bruhn [MB09] wird dieser Arbeit zugrunde gelegt. *Dienstleistungen* werden auf der Basis der potenzial-, prozess- und ergebnisorientierten Bestimmung wie folgt definiert:

⁶⁰ Die Begriffe *Sachleistung*, *Sachgut* und *Sachprodukt* werden synonym verwendet.

Definition 4.1: *Dienstleistung*

Eine *Dienstleistung* ist eine selbstständige, marktfähige Leistung, die mit der Bereitstellung und/oder dem Einsatz von Leistungsfähigkeiten verbunden ist (*Potenzialorientierung*). Externe Faktoren werden für den Erstellungsprozess kombiniert (*Prozessorientierung*). Die Faktorenkombination des Dienstleistungsanbieters wird mit dem Ziel eingesetzt, an den externen Faktoren, an Menschen und ihren Objekten, nutzenstiftende Wirkungen zu erreichen (*Ergebnisorientierung*).

Für das Verständnis der Begriffsklärung einer Dienstleistung werden Dienstleistungen durch die im Wesentlichen anerkannten Dienstleistungsmerkmale als immaterielle Wirtschaftsgüter verstanden. Knoblich und Oppermann [KO96] verdeutlichen dieses Begriffsverständnis und formulieren ein Arbeitsverständnis. Mit den begriffsbestimmenden Dimensionen erschließt sich ein Eigenschaftsraum, der Kombinationen aus Merkmalsausprägungen bildet. Unter Ausschluss von Kombinationen wird eine Dienstleistung als *Typ V* abgegrenzt (siehe Abbildung 36).

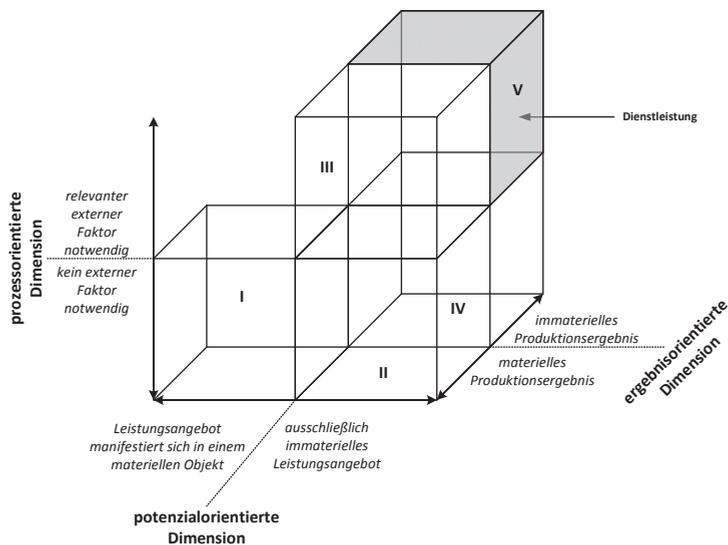


Abbildung 36: Dienstleistungsabgrenzung [KO96]

Um mit dem Begriff *Dienstleistung* keine Differenzen zum angloamerikanischen Sprachraum⁶¹ entstehen zu lassen, wird der Begriff *Service* nach dem Verständnis im angelsächsischen Sprachraum als Synonym für Dienstleistungen verwendet [Ha05, MB09]. Im

⁶¹ Im angloamerikanischen Raum werden statt geeigneter Definitionen von Dienstleistungen Merkmale diskutiert [Gr03]. Vor allem sind die Faktoren Nichtgreifbarkeit (*Intangibility*), Heterogenität (*Heterogeneity*), Untrennbarkeit von Produktion und Konsum (*Inseparability of Production and Consumption* bzw. *Simultaneity*) und Vergänglichkeit (*Perishability*) anzuführen. Nach Grönroos [Gr90] bestimmen Dienstleistungen weitere Merkmale: die Nicht-Lagerfähigkeit der Dienstleistungen – Dienstleistungen sind flüchtig (*ephemeral*), vergänglich (*transitory*) und verderblich (*perishable*) – der überwiegende Anteil von *immateriellen Komponenten* – der Kunde kauft eine Aktivität oder einen Prozess – und die *schwierige Visualisierung* – Erfahrungs- und Vertrauenseigenschaften von Dienstleistungen.

deutschsprachigen Raum erfasst der Begriff *Service* die Zusatzdienstleistungen von Konsumgüter- und Industriegüterherstellern oder den technischen Kundendienst in Unternehmen [MB09]. Dienstleistung wird eher als Produkt und Service als die Art und Weise der Erbringung bzw. Ausgestaltung verstanden [Br08]. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist sie von der Sachleistung zu unterscheiden [MF08].

4.1.1 Bedeutung und Wertschöpfung von Dienstleistungen

Statistiken bestätigen, dass der Dienstleistungssektor in nahezu allen Industrienationen der größte sowie der am schnellsten wachsende Wirtschaftssektor ist und heute einen immer größer werdenden Stellenwert einnimmt. Der Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP)⁶² ist stetig wachsend, sodass sich mit Dienstleistungen große Hoffnungen auf Innovation, Wachstumspotenzial und belebten Arbeitsmarkt verbindet. Dienstleistungen erfahren zunehmend in der neuen betriebswirtschaftlichen Literatur und Praxis eine immer größer werdende Aufmerksamkeit und erhöhtes Interesse [MB09]. In einigen Branchen führt diese Entwicklung dazu, dass die strategische Bedeutung des *Dienstleistungsgeschäfts* inzwischen die des Produktgeschäfts übersteigt. Mit dem Fokus auf Dienstleistungen findet ein Prozess des Umdenkens statt [G11]. Vargo und Lusch [VL04] bezeichnen diesen Prozess als ein neues Paradigma und postulieren im Rahmen des Paradigmenwechsels eine Neuorientierung als *service dominant logic*: weg von einer güterzentrierten und hin zu einer servicezentrierten Sichtweise. Im Zentrum dieser Logik steht die Dienstleistung und das Sachgut wird zum *Add-on* als Ressource. Satzger [Sa10] spricht in diesem Zusammenhang von einer industriellen Revolution 2.0 (*Service-Revolution*). In der Dienstleistungsforschung wird die Erstellung von Dienstleistungen neben der Produktion von Sachgütern als bedeutsamste Grundlage der Wertschöpfung angesehen. Diese Neuorientierung steht im Einklang mit der einhergehenden Tertiärisierung: Die Wertschöpfung für Kunden wird durch eine Kombination von Sachgütern und Dienstleistungen generiert, die gemeinsam einen Nutzen für den Kunden bringen [Ch07]. Vargo und Lusch [VL04] fordern eine Integration von dienstleistungsbasierten Geschäftsprozessen, die in die Geschäftsprozesse des Kunden integriert werden, da der Kunde als *Co-Creator of Value* angesehen wird. Auf der Anbieterseite sind dienstleistungsbasierte Geschäftsprozesse zu integrieren, um Leistungen für den Kunden effizient und konkurrenzfähig anzubieten [BKM08]. Mittlerweile unterstützen Dienstleistungen die gesamte Wertschöpfungskette und werden im Verlauf der fortschreitenden Entwicklungen an neue Gegebenheiten, wie z. B. an den elektronischen Datenaustausch, mit effektiveren, effizienteren Prozessen angepasst. Die Entwicklungstrends im Dienstleistungsbereich sind nach Bieger [Bi07] die IT-gestützte Dienstleistungsgestaltung und Nachvollziehbarkeit, Vergleichbarkeit von Dienstleistungen, Effektivität der Dienstleister, Kostenminimierung durch Transparenz und die Standardisierung von Dienstleistungen.

⁶²Das **Bruttoinlandsprodukt (BIP)** ist ein Maß für die wirtschaftliche Leistung einer Volkswirtschaft in einem bestimmten Zeitraum. Es misst den Wert der im Inland hergestellten Waren und Dienstleistungen (Wertschöpfung), soweit sie nicht als Vorleistungen für die Produktion anderer Waren und Dienstleistungen verwendet werden [SB07].

4.1.2 Systematisierung von Dienstleistungen

Nach Corsten et al. [CG07] lässt sich auf der Basis der in der Literatur vorhandenen Ansätze die dargestellte *Gütersystematik* (siehe Abbildung 37) entwickeln. Zu Wirtschaftsgütern zählen Materialien, Anlagen, Dienstleistungen, Personal, Kapital, Rechte und Informationen. Die allgemeine Gütersystematik erfasst Dienstleistungen in der Regel zusammen mit Arbeitsleistungen und Rechten als reine, immaterielle Realgüter. In der Systematik von Wirtschaftsgütern⁶³ werden Dienstleistungen den immateriellen Gütern⁶⁴ untergeordnet [MB09]. *Immaterielle Realgüter* sind Dienstleistungen und werden als Outputgüter eines Produktionsprozesses angesehen. Sie stellen eine reine Form von Gütern dar, umfassen neben Dienstleistungen Rechte und Informationen und sind geistige Güter, die auch als wirtschaftsrelevante Größe betrachtet werden. Dienstleistungen sind nicht lagerfähige Marktleistungen. Gemäß dieser Gütersystematik lassen sich *reine* Formen von *gemischten* Ausprägungen (Leistungsbündel) unterscheiden. Reine Formen von Gütern trennen *Nominalgüter* (Personal, Kapital, Darlehenswerte) von *Realgütern*, den *materiellen Realgütern* oder *immateriellen Realgütern*, die auch Dienstleistungen aufnehmen. *Industriegüter*⁶⁵ umfassen *Investitionsgüter* (*Kapitalgüter*, *Potenzialfaktoren*) und *Produktionsgüter* (*Verbrauchsgüter*) [FB96]. Investitionsgüter gehören zu den Produktionsgütern und werden als langlebiges Gut klassifiziert. Im Gegensatz zu den Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffen gehen sie nicht direkt oder indirekt in die produzierten Güter ein [Kr93]. Nach Engelhardt und Günter [EG81] sind Investitionsgüter Leistungen, die von Organisationen (Nicht-Konsumenten) beschafft werden, um mit ihrem Einsatz weitere Güter für die Fremdbedarfsdeckung zu erstellen oder um sie unverändert an weitere Organisationen zu veräußern, die diese Leistungserstellung vornehmen. Produktionsgüter sind Rohstoffe, Halbfabrikate und auch Fertiggüter, die von der Investitions- oder Konsumgüterindustrie weiterverarbeitet oder eingesetzt werden. *Konsumgüter* sind *Gebrauchsgüter* (Betriebsmittel, langlebige Güter) und *Verbrauchsgüter* (kurzlebige Güter). Die in der Industrie vorkommenden Ausprägungen von Investitionsgütern werden in die beiden Gruppen *Maschinen und Apparate* sowie *Anlagen und Systeme* unterschieden. Nach dieser Gütersystematik werden Anlagen und Materialien⁶⁶ als *materielle Realgüter* klassifiziert. Maschinen und Apparate sind Produkte als Ergebnis komplexer Verarbeitungsprozesse [Fo88].

⁶³ Unter *Gütern* werden in den Wirtschaftswissenschaften alle Mittel zusammengefasst, die die Bedürfnisse des Menschen direkt oder indirekt erfüllen. Als charakteristisches Merkmal von Gütern gilt die Fähigkeit, Nutzen zu stiften [CG07].

⁶⁴ Vor allem in der Unternehmenspraxis werden die Begriffe *Dienstleistung* und *immaterielle Güter* synonym verwendet. Diese synonyme Begriffsverwendung erscheint aus theoretischer Sicht nicht zutreffend, weil neben Dienstleistungen auch Rechte, Patente oder Lizenzen den immateriellen Gütern zugeordnet werden [CG07, MB09].

⁶⁵ Streng genommen können unter *Industriegütern* auch die industriellen Dienstleistungen gesehen werden. Industrielle Dienstleistungen sind immaterielle Leistungen, die ein Industriegüterhersteller seinen Kunden zur Absatzförderung seiner Sachgüter anbietet [HSS10]. Sie werden als Kernleistung oder Nebenleistung angeboten.

⁶⁶ *Materialien* lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Materialien, die direkt in die Produktherstellung eingehen, werden als *direkte Materialien* bezeichnet. Von *indirektem Material* spricht man, wenn es nicht direkt in das Produkt einfließt, sondern zur Aufrechterhaltung der Unternehmensleistung dient [MS08b].

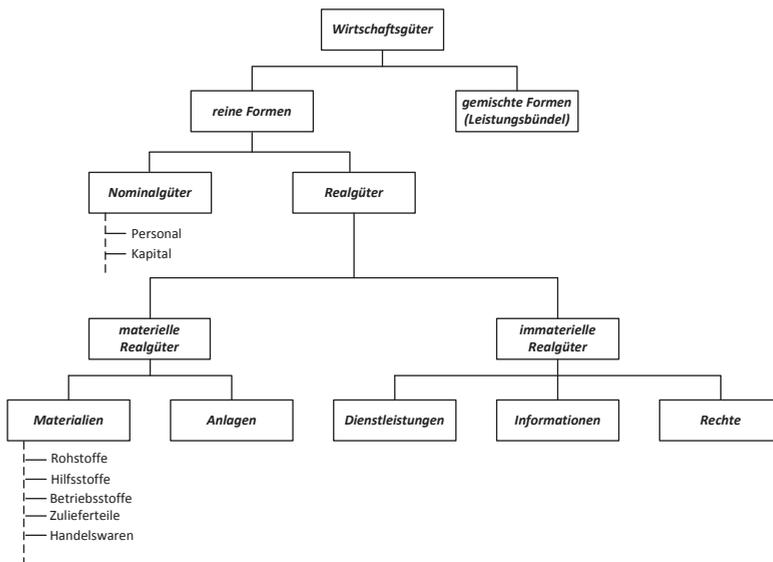


Abbildung 37: Gütersystematik (in Anlehnung an [CG07])

Sie übernehmen Teilfunktionen innerhalb eines Produktionsprozesses und bestehen aus Komponenten bzw. Baugruppen. Anlagen und Systeme sind eine Kombination einzelner Maschinen, Apparaten, Steuerungen und anderer verbindender Elemente, die einen Stoff-, Energie- und Informationstransport ermöglichen [Lü97]. Beispiele für Anlagen und Systeme sind Produktionsstraßen für die Automobilproduktion, lufttechnische Anlagen oder auch Photovoltaikanlagen. Im Unterschied zu Maschinen und Apparaten werden der Bedarf und die Individualität der Dienstleistungen bei Anlagen und Systemen größer und anspruchsvoller, was sich auf die Beschaffung von Dienstleistungen auswirkt. Im Rahmen der Arbeit stehen *Betriebsmittel* im Sinne von Material auf der Ebene des *Anlagenteils* und *Anlagen* im Vordergrund. Eine Anlage wird am Beispiel der industriellen Dienstleistung als *externer Faktor*⁶⁷ klassifiziert. Am Beispiel der Wartung wird dieser notwendige Fremdfaktor deutlich: Zur Leistungserbringung ist es notwendig, dass der die Leistung beziehende Partner das zu wartende Objekt zur Verfügung stellt. Es werden Betriebsmittel bzw. *Assets* oder *technische Materialien* betrachtet, die zur Durchführung des Produktionsvorgangs im Unternehmen verwendet werden [Sc10c]. Dazu zählen u. a. Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Halbzeuge und Ersatzteile⁶⁸ [NP06, Wa10a].

Nach Hilke [Hi89] bieten Unternehmen selten reine Dienstleistungen oder Produkte an. Eine Sachleistung wird durch einen Dienstleistungsanteil bestimmt. *Gemischte Formen* von Gütern sind so genannte (*hybride*) *Leistungsbündel*, die eine Kombination aus Sachgütern und Dienstleistungen darstellen, um kundenspezifische Nachfragebedürfnisse erfüllen zu können [EKR93]. Es werden dabei komplexe Leistungsbündel vermarktet, die sich zum

⁶⁷ Im industriellen Dienstleistungsbereich sind vor allem Kunden und deren Mitarbeiter, die zu reparierenden Maschinen bzw. anderen Betriebsmittel und die zur Verfügung gestellten Daten als Ausprägungen von *Objekten (externer Faktor)* zu verstehen [ER06].

⁶⁸ *Ersatzteile* sind nach der DIN 24420 „Teile, Gruppen oder vollständige Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind, verschlissene oder fehlende Teile, Gruppen oder Erzeugnisse zu ersetzen“ [DIN76].

Teil aus sehr vielen verschiedenen Einzelleistungen zusammensetzen [Bu05]. Die verschiedenen Kombinationen aus Sachgütern und Dienstleistungen werden nach *unbundeling*, *pure bundeling* und *mixed bundeling* unterteilt [KLJ03]. Ein Leistungsbündel ist eine Mischform aus einem physischen Produkt mit einer begleitenden Dienstleistung, wie z. B. Installation einer Software, oder einer Dienstleistung mit dafür notwendigen physischen Produkten. Diese Mischung wird in der Grafik zum *Produkt- und Dienstleistungskontinuum* verdeutlicht (siehe Abbildung 38).

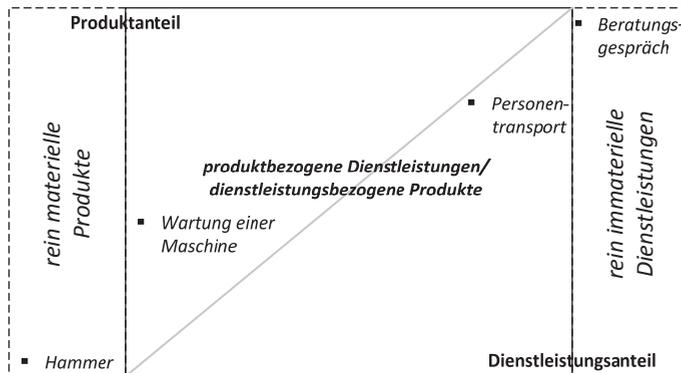


Abbildung 38: Produkt- und Dienstleistungskontinuum [MB09]

Tatsächlich lassen sich Sachgüter und Dienstleistungen nicht strikt trennen. Vielmehr verläuft die Grenze zwischen Sachgütern und Dienstleistungen asymmetrisch. Produkte als reine Sachleistungen und Dienstleistungen als maximal rein immaterielle Dienste bilden die Extrempunkte eines Kontinuums, das als *Dienstleistungskontinuum* [KSS02] den Übergang zwischen beiden Bereichen bezeichnet. Es sagt aus, dass zwischen beiden Extrempunkten weitere beliebige Leistungsbündel aus Sachgütern und Dienstleistungen vorliegen. Viele Autoren bezeichnen diesen Bereich des Kontinuums als *produktbegleitende Dienstleistungen* oder *Produktbündel*. *Produktbezogene Dienstleistungen* bzw. *dienstleistungsbezogene Produkte* werden als Leistungsbündel verstanden. Es sind zwar Dienstleistungen ohne Sachleistungsanteil denkbar, aber umgekehrt kaum Sachleistungen ohne einen damit verbundenen Dienstleistungsanteil [Hi89, MB09].

Aufgrund der Heterogenität und Komplexität von Dienstleistungen lassen sich in der Literatur eine Vielzahl verschiedener Systematisierungsansätze des Dienstleistungsspektrums finden [MB09]. Die *Systematisierung* erfasst *Typologisierungen* und aus den Dimensionen resultierende *Klassifizierungen* [Co85]. Typologien sind in der Lage, Unschärfbereiche zwischen den Reinformen bestimmter Absatzobjekte abzubilden, ohne gleichzeitig zur Lösung im Sinne einer eindeutigen Zuordnungsvorschrift beitragen zu müssen [Me94]. Systematisierungsansätze für Dienstleistungen werden in der Literatur nach der Anzahl der betrachteten Dimensionen unterschieden. So liegen *eindimensionale* (z. B. Corsten [Co85]), *zweidimensionale* (z. B. Lovelock und Wright [LW02]) und *mehrdimensionale* (z. B. Meffert und Bruhn [MB09], Schmenner [Sc86], Stauss [St94] oder Woratschek [Wo01]) Systematisierungsansätze vor.

4.1.2.1 Konstitutive Merkmale von Dienstleistungen

Zur Unterscheidung von Dienstleistungen und Sachleistungen weist die Literatur eine Vielzahl von Dienstleistungsmerkmalen auf. Die beiden Dienstleistungsmerkmale *Immaterialität* und *Integration externer Faktoren* sind in Abgrenzung zu Sachleistungen *konstitutiv* [CG07, MB09, Th08, VL04]:

- Dienstleistungen sind im Gegensatz zu physischen Produkten grundsätzlich *immateriell* [Tö07]. Sie existieren nicht physisch und können dementsprechend auch nicht unter den gleichen Prämissen wie Produkte betrachtet werden. Corsten und Maleri sehen die *Immaterialität*⁶⁹ als entscheidendes, unbestrittenes Abgrenzungsmerkmal an [Co84, MF08]. Aus dem ersten konstitutiven Merkmal der Immaterialität resultieren zwei weitere Besonderheiten von Dienstleistungen, die auch als *akzessorische Merkmale* bezeichnet werden [MB09]. Zum einen wird die *Nichtlagerfähigkeit* angesprochen, d. h. die Notwendigkeit der sofortigen Inanspruchnahme der Leistung durch den Konsumenten im Moment ihrer Produktion. Daher können Dienstleistungen in der Regel nicht *vorproduziert* oder *gelagert* werden. Zum anderen impliziert die Immaterialität von Dienstleistungen in der Regel die *Nichttransportfähigkeit* im Gegensatz zu Gütern. Der IT-Bereich schränkt durch moderne Methoden der Informationsübertragung die Allgemeingültigkeit der Nichttransportfähigkeit ein [MB09]. Die damit einhergehende Bedingung der *Simultaneität* und *Präsenz (Uno-Actu-Prinzip)* [Sc05b] bezieht sich nach heutigem Verständnis auf die Dienstleistungsproduktion, während die Produktion und der Absatz bzw. Konsum weder raum- noch zeitgleich erfolgen. Im Sinne des *Uno-Actu-Prinzips* fallen bei Dienstleistungen ihr Konsum und ihre Produktion zusammen. Es besteht eine Synchronität von Erstellung und Absatz der Dienstleistung. Bei Sachleistungen erfolgt zuerst ihr Absatz und anschließend wird die Leistung bspw. durch eine Lieferung erbracht. Der *Homogenitätsgrad* der Prozessergebnisse ist im Vergleich zu Sachgütern bei Dienstleistungen sehr heterogen und individuell. Die Heterogenität der Leistung wird durch die Abhängigkeit von externen Faktoren bestimmt, die eine vermeidliche *Nichtstandardisierbarkeit*⁷⁰ der Dienstleistung bewirken. Dienstleistungen sind *kundenindividuell und variabel*, weil eine Simultaneität von Produktion und Konsum vorliegt. Die Immaterialität ist ein notwendiges, jedoch kein hinreichendes Kriterium und Merkmal von Dienstleistungen.
- Die *Integrativität* bzw. Kontaktnotwendigkeit, Kontaktzwang oder *Integration des externen Faktors* [Kl05] beschreibt die Mitwirkung des Kunden an der betriebswirtschaftlichen Wertschöpfung. Jede Dienstleistung zeichnet sich durch einen direkten Kontakt zwischen dem Nachfrager bzw. Kunden und Dienstleister aus. In den Vorphasen und während der Leistungserbringung wirkt der Kunde auf die Geschäftsprozesse ein und legt in seinem Besitz befindliche Objekte vor. Diese externen Faktoren sind Wirtschaftsgüter, die als externe Produktionsfaktoren einfließen.

⁶⁹ *Immaterialität* wird auch als *Intangibilität* bezeichnet [HK06a].

⁷⁰ Eine *Commodity-Dienstleistung* ist eine Standarddienstleistung oder Routine-Dienstleistung, eine standardisierte, häufig auch automatisierte Dienstleistung, die von unterschiedlichen Anbietern tatsächlich oder in vermeintlich gleichartiger Weise erbracht wird [Br11].

Diese Faktoren werden vom Nachfrager einer Leistung vorübergehend in den Verfügungsbereich des Anbieters eingebracht. Externe Faktoren bzw. externe Objekte können der Kunde selbst und die in seiner Verfügungsgewalt befindlichen Sachleistungen sein [CG07, Hi89, MF08, St96b]. Die Integration von Kunden oder Kundenobjekten und deren Interaktion und des zugehörigen Objekts in die Leistungserstellung ermöglicht die Konkretisierung, Erstellung und Realisierung einer Dienstleistung [Ha05, MB09]. Aus der Integration externer Faktoren resultieren die Beteiligung an der Leistungserstellung, der Zeitpunkt der Erstellung, der Zeitpunkt der Einigung von Anbieter und Nachfrager, der Homogenitätsgrad der Prozessergebnisse und der hohe Fixkostenanteil. Für jede Dienstleistungserbringung sind spezifische Fähigkeiten auf Seiten des Anbieters notwendig, wie ein spezifisches Know-how oder eine bestimmte Technologie, und müssen im Vorfeld der Leistungserstellung durch den Anbieter dargelegt werden. Maleri et al. [MF08] sprechen von der *Vorkombination der internen Produktionsfaktoren*, z. B. menschliche Arbeitsleistung, Betriebsmittel oder Werkstoffe.

Es zeigt sich, dass die konstitutiven Merkmale durchaus geeignet erscheinen, Dienstleistungen deskriptiv von Sachleistungen zu unterscheiden, auch wenn eine trennscharfe Abgrenzung nicht möglich ist [HK06a]. So ist beispielsweise im Industriegüterbereich die Herstellung von Sachleistungen häufig durch ein hohes Maß an Kundenintegration⁷¹ gekennzeichnet [K105]. Auch Dienstleistungsergebnisse können materielle Bestandteile enthalten. Aus diesem Grund zeigt nach Homburg und Kromer [HK06a] die Präzisierung des Dienstleistungsbegriffs über konstitutive Merkmale eher Tendenzen auf: Dienstleistungen weisen in der Regel tendenziell eine höhere Ausprägung konstitutiver Merkmale auf als Sachgüter. Aus den beiden grundlegenden konstitutiven Merkmalen Immaterialität und Integration externer Faktoren (Integrativität) lassen sich zu den bereits beschriebenen Merkmalen weitere Dienstleistungscharakteristika [Sc09, Th08] ableiten (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Gegenüberstellung von Merkmalen von Sach- und Dienstleistungen

<i>Merkmale</i>	<i>Dienstleistungen</i>	<i>Sachgüter</i>
<i>Konsistenz</i>	dynamisch immateriell	statisch materiell
<i>Ergebnis des Produktionsprozesses</i>	immateriell	materiell
<i>Leistungsangebot</i>	immateriell	materiell
<i>Prozess</i>	teilautomatisierter Prozess und Integration des externen Faktors	vollautomatisierter, autonomer Herstellungsprozess
<i>Marktfähigkeit</i>	konsumptiv – investiv	wiederverkäuflich
<i>Ort der Leistungserstellung</i>	Interaktionsort	Produktionsstätte
<i>Eigentumsübertragung</i>	eigene Nutzung	Eigentumsübertragung
<i>Leistungs- und Preisdefinition</i>	intransparent	transparent
<i>Hauptkomplexität</i>	Überwachung und Steuerung der Informationsflüsse und der Kommunikation	Überwachung und Steuerung des Materialflusses

⁷¹ Die *Kundenintegration* wird häufig als eindeutiges Merkmal zur Abgrenzung von Dienstleistungen gegenüber Sachgütern verwendet [MF08]. So sprechen manche Autoren von *Kundenintegration* bzw. *Customer Integration* [K196], von der *Integrativität* [Wo96]. Der gesamte Prozess wird auch als *integrative Leistungserstellung* [K197] oder *interaktive Wertschöpfung* [RP06] bezeichnet. Um den Prozess der Zusammenarbeit zwischen Anbieter und Kunde zu betonen, ziehen Eiglier und Langeard [EL99] die Begriffe *service* und *production* zu *servuction* zusammen. Angelsächsische Autoren sprechen vom *Co-Producer* bzw. *Koproduzenten* [Co84] oder *Prosumer* [To80].

4.1.2.2 Gestaltungsdimensionen von Dienstleistungen

Die Gruppe der expliziten Definitionsansätze auf der Basis der Phasen einer Dienstleistung bzw. der Gestaltungsdimensionen des Dienstleistungsbegriffs findet in der Literatur Beachtung (vgl. [Co84, EKR93, St96b]). Hilke [Hi89] interpretiert Dienstleistungen generell als Potenzial, Prozess und Ergebnis einer *Faktorkombination* (siehe Abbildung 39).

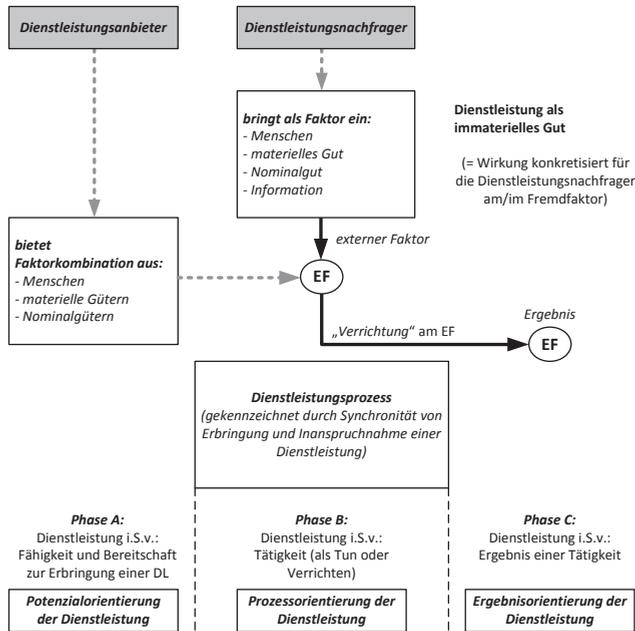


Abbildung 39: Faktorkombinationsprozess aus Prozesssichtweise [Hi89]

Ein charakteristisches Merkmal des Leistungserstellungsprozesses ist die Kombination von Potenzialfaktoren, die aus Faktoren des Dienstleistungsanbieters und aus *externen Faktoren des Dienstleistungsnachfragers* besteht [CG07, Gr93, MB09]. Das Ergebnis der Faktorkombination ist eine selbstständige und marktfähige Leistung mit dem Ziel, für den Menschen oder für die Sachobjekte eine nutzenstiftende Wirkung zu erreichen.

Es lassen sich konstitutive Gestaltungsdimensionen oder eine Kombination mehrerer dieser Dimensionen spezifizieren [BS06b, CG07, EKR93, Hi84, Hi89, MB09]:

- *potenzialorientierte Definitionsansätze (Potenzialdimension)* betonen die Fähigkeit und die Bereitschaft eines Dienstleistungsanbieters zur Leistungserbringung. Die Fähigkeit beschreibt die Kombination interner Potenzialfaktoren, die der menschlichen oder maschinellen Potenziale, und die Leistungsbereitschaft, die Bereithaltung in zeitlicher, räumlicher, quantitativer und qualitativer Abstimmung für die Nachfrage [CG07, Ha05, He92]. Damit stellt eine Dienstleistung ein noch nicht realisiertes Leistungspotenzial dar: ein Leistungsversprechen (*Kontraktgutcharakter*

[Wo96] im informationsökonomischen Sinne⁷²). Der Absatz einer Dienstleistung erfolgt bereits vor der eigentlichen Leistungserbringung und der Kunde vertraut auf die Fähigkeiten des Dienstleisters, da sie immateriell sind und daher nicht oder nur selten im Voraus unter Beweis gestellt werden können. Die Konkretisierung einer Nachfrage eines Leistungsversprechens erfolgt erst durch die Nachfrage eines Abnehmers.

- *prozessorientierte Definitionsansätze (Prozessdimension)* bestimmen Dienstleistungen als vollziehende Tätigkeiten. Nach einer prozessorientierten Definition entstehen Dienstleistungen aus der raum- und zeitsynchronen Interaktion zwischen dem Kunden und Dienstleister. Der Fokus wird auf den Prozesscharakter bzw. die zu vollziehende Tätigkeit gelegt. Das Leistungspotenzial wird im Leistungserstellungsprozess aktiviert. Der Vorgang der Dienstleistungserbringung steht im Vordergrund.
- *ergebnisorientierte Definitionsansätze (Ergebnisdimension)* gehen von dem Output bzw. Ergebnis des Dienstleistungserstellungsprozesses aus. Die Dienstleistung wird durch ihr immaterielles Ergebnis identifiziert. Eine ergebnisorientierte Definition betrachtet eine Dienstleistung nicht als Prozess, sondern als Ergebnis. Die vereinbarte Leistung wird bereitgestellt und am Kunden konkretisiert.
- Bullinger und Fähnrich et al. [BS06b] erweitern die drei konstitutiven Gestaltungsdimensionen und führen zusätzlich die phasenübergreifende Dimension, die *Marktdimension*, ein, um die Integration des externen Faktors und die Vermarktung von Dienstleistungen zu erreichen.
- Pepels [Pe05] und Meffert und Bruhn [MB09] entwickeln eine weit gefasste *tätigkeitsorientierte Definition*. Danach sind alle menschlichen Leistungen Dienstleistungen [Bi07]. Alle technischen und organisatorischen Dienstleistungen, z. B. Informationsdienstleistungen durch IT-gestützte Systeme, sind demnach keine Dienstleistungen.
- In der aktuellen Literatur, die Definition und Charakterisierung von Dienstleistung erfasst, finden sich einige *kombinierte Ansätze* [He92, MB09]. Die Autoren versuchen durch die Kombination verschiedener Merkmalsausprägungen die Lücken zu schließen, die durch singuläre Merkmalsbestimmungen entstehen. Vor dem Hintergrund zahlreicher, nur schwer in die Systematik einzuordnender Bereiche nehmen viele Autoren Abstand von einer trennscharfen Bestimmung von Sach- und Dienstleistungen und sehen Leistungen als Bündel von Sach- und Dienstleistungen, die einen unterschiedlich hohen Anteil von Sach- und Dienstleistungskomponenten besitzen [CG07, EKR93, Hi89, MF08, Wo96].

4.1.3 Dienstleistungsqualität

Die Güte einer Dienstleistung ist *Dienstleistungsqualität* (auch *Servicequalität*). Sie definiert den Grad der Zielerreichung einer beauftragten Dienstleistung. Qualität wird als zent-

⁷² Es ist u. a. typisch für *Kontraktgüter*, dass sie zum Zeitpunkt des Kaufs noch nicht existieren und bei ihrer Erstellung ein hohes Maß an Vertrauen zwischen den Vertragspartnern erforderlich ist. Insofern kommen die für Kontraktgüter charakteristischen Informations- und Unsicherheitsprobleme zum Tragen.

raler Faktor des ökonomischen Erfolges für Unternehmen angesehen. Eine positiv wahrgenommene Dienstleistungsqualität bzw. die Kundenzufriedenheit führt zu Kundenbindung und steigert die Nachfrage nach gleichen oder ähnlichen Leistungen eines Unternehmens [He92]. Durch eine hohe Qualität lassen sich höhere Preise erzielen und Qualitätskosten minimieren. Ausgaben und Kosten für Einsatzfaktoren von besserer Qualität im Rahmen der Qualitätssicherung werden in der Regel durch die Umsatzsteigerungen und Kostensenkungspotenziale überkompensiert [U104]. Die *objektive Dienstleistungsqualität* ist die konkret messbare Übereinstimmung des Arbeitsergebnisses mit dem vorab definierten Nutzen, die *subjektive Dienstleistungsqualität* die vom Dienstleistungsnachfrager empfundene Übereinstimmung des Arbeitsergebnisses mit dem anvisierten Nutzen. Die Messbarkeit der objektiven Dienstleistungsqualität hängt wesentlich von der Genauigkeit der definierten Zielerfordernissen ab. Die subjektive Dienstleistungsqualität ist von der vom Dienstleistungsnachfrager empfundenen Übereinstimmung des Ausführungsergebnisses sowie vom positiven Marketing des Dienstleistungsanbieters überlagert [Do80]. Eine besondere Bedeutung im Leistungserstellungsprozess erfährt die Phase, in der der Dienstleistungsnachfrager in Kontakt mit dem Dienstleistungsanbieter tritt. Sie prägen in besonderer Weise das Qualitätsurteil und werden als "*moments of truth*" [Gr94] bezeichnet. Die Besonderheiten von Dienstleistungen führen aus Sicht des Dienstleistungsnachfragers dazu, dass Kontakte mit dem Dienstleistungsanbieter einen entscheidenden Einfluss auf die Qualitätswahrnehmung und -beurteilung haben und damit einen nachhaltigen Eindruck davon hinterlassen.

4.1.3.1 Konstitutive Qualitätsdimensionen von Dienstleistungen

Analog zu den konstitutiven Gestaltungsdimensionen von Dienstleistungen (siehe Abschnitt 4.1.2.2), der Potenzialdimension, Prozessdimension und Ergebnisdimension, beziehen sich die Qualitätsdimensionen von Dienstleistungen auf das Dienstleistungspotenzial, den Dienstleistungsprozess und das Dienstleistungsergebnis. Die *Potenzialqualität* entspricht der Qualität der eingesetzten Ressourcen, die *Prozessqualität* der Leistungsfähigkeit der Leistungserbringung (Integration des externen Faktors) und die *Ergebnisqualität* der vom Dienstleistungsnachfrager empfundenen Qualität des Ergebnisses der erbrachten Dienstleistung. Ulrich [U104] geht von einem positiven Zusammenhang zwischen der wahrgenommenen Qualität und der Kundenbindung aus, woraus sich grundsätzlich ein positiver Zusammenhang zwischen der Qualität und der Profitabilität für den Dienstleistungsanbieter konstatieren lässt. Jedoch erhöht nicht jede Maßnahme im Rahmen des Qualitätsmanagements die wahrgenommene Dienstleistungsqualität und den ökonomischen Einfluss⁷³. Einschränkungen ergeben sich durch die Wirkung moderierender Faktoren. Für die Relation von wahrgenommener Qualität/Kundenzufriedenheit und Kundenbindung ist zu fragen, ob die Kundenbindung tatsächlich aus positiven Erfahrungen resultiert und es sich um eine echte Loyalität des Kunden handelt. Die Attraktivität der Wettbewerbsangebote spielt eine Rolle bei der Frage, ob die positiv wahrgenommene Qualität oder Kundenzufriedenheit zu einer Kundenbindung führt [Ma08b]. In der wissenschaftlichen Literatur bekannte dienstleistungsspezifische Qualitätsmodelle existieren unter anderem von Do-

⁷³ Der Einfluss von Qualität auf den ökonomischen Erfolg muss in Studien untersucht werden [Do04].

nabedian [Do80], Grönroos [Gr82] und Parasuraman et al. [PZB85]. Geeignete Verfahren zur Messung von Dienstleistungsqualität haben den Besonderheiten von Dienstleistungen Rechnung zu tragen. Aus der Immaterialität resultiert die Aufgabe, das Nicht-Greifbare greifbar und somit messbar zu machen. Die Integration des externen Faktors bewirkt, dass die Ereignisse nach der Kontaktnotwendigkeit bei der Leistungserstellung erfasst und gemessen werden [Ma08b].

4.2 Hybride Wertschöpfung

Die Bündelung von Industrieprodukten und Dienstleistungen wird als *hybride Wertschöpfung* bezeichnet⁷⁴ [Er05]. Es zeigt sich, dass die wirtschaftliche Bedeutung reiner Sachleistungen für produzierende Unternehmen auf Grund der fallenden Differenzierungsmöglichkeiten tendenziell abnimmt. Ein Wandel zum hybriden Wertschöpfer vollzieht sich, wenn die produzierenden Unternehmen durch *multiperspektivische Methoden* unterstützt werden wie beispielsweise zur Gestaltung von systematischen Geschäftsprozessen, zur Integration des Kunden bei der Lösungsentwicklung, zur Standardisierung von Beschaffungsprozessen und zur Bildung von Wertschöpfungsnetzwerken [Ze08]. Das Produktportfolio von Unternehmen verändert sich durch so genannte *hybride Produktangebote*. Unter einem hybriden Produktangebot sind kundenspezifische Problemlösungen durch integrierte Leistungsbündel aus jeweils mindestens einer Sachleistung und einer Dienstleistung zu verstehen [BBK08a, KZK06], die eigenständig marktfähig sind [Sc08b]. Die eigenständige Marktfähigkeit sieht vor, dass die Leistungen des Bündels prinzipiell am Markt auch separat erworben werden können [ST02]. Die fortschreitende Tertiärisierung steigert das Angebot in der hybriden Wertschöpfung [Mi06]. Die Thematik der hybriden Produkte und Wertschöpfung wird in der Forschung und betrieblichen Praxis vor allem mit dem Förderschwerpunkt *Integration von Produktion und Dienstleistung* aufgegriffen⁷⁵. Forschungsbeiträge behandeln die Themenbereiche des *Service Engineering* in der hybriden Wertschöpfung [Ze08]. Die hybride Wertschöpfung stellt ein Themengebiet dar, das gegenwärtig mit verstärktem Forschungsaufwand erschlossen wird und durch eine strukturierte, das Synergiepotenzial nutzende Herangehensweise von volkswirtschaftlicher Bedeutung ist [BBK+09a].

4.2.1 Hybride Produkte

Für *hybride Produkte* (Leistungsbündel)⁷⁶ ist die integrierte Betrachtung von immateriellen und materiellen Bestandteilen kennzeichnend, die sich stark an dem für Kunden geschaffe-

⁷⁴ Die aktuelle Dienstleistungsforschung verzichtet auf die Trennung von Sachleistung und Dienstleistung und nimmt die durch diese Leistungen geschaffenen Mehrwerte („*value in use*“) in den Fokus [SGK09].

⁷⁵ Folgende Forschungsprojekte zur Thematik der hybriden Wertschöpfung wurden u. a. initiiert: *HyPriCo* [Hy09a], *HyPro* [Hy07], *InProDi* [In09], *KorServ* [Ko09b], *PIPE* [PI10], *Servpay* [Se09], *HyProDesign* [Hy09b] und *FlexNet* [F110].

⁷⁶ Hybride Produkte werden in der Literatur auch als *gebündeltes Product-Service-System (PSS)* bezeichnet. Es setzt sich aus Sachleistungs- und Dienstleistungsanteilen zusammen, die in direkter Wechselwirkung zueinander stehen. Ein PSS zeichnet sich durch integrative Sichtweise aus, die keine Differenzierung von Sach- und Dienstleistungen zulässt. Wie auch beim hybriden Produkt kombinieren die Hersteller physische Produkte (z. B. Abfüllanlage) und immaterielle Serviceprodukte (z. B. Instandhaltungsvertrag) zu

nen Nutzen orientieren [ASS+07, MM09, SD06]. Hybride Leistungsbündel tragen entscheidend zum Unternehmenserfolg bei: 94,9 Prozent der Firmen wachsen mittels hybrider Leistungsbündel [St07a]. Es liegt ein Wachstumspotenzial vor, obwohl es sich für die Unternehmen schwierig gestaltet, ihr Dienstleistungsangebot genau zu spezifizieren [BV07], um eine hohe Effektivität in der Beschaffung und durch externe Dienstleistungen zu erzielen. Eine Definition für *hybride Produkte* liefern Kersten et al. [KZK06]:

Definition 4.2: *hybrides Produkt*

Ein *hybrides Produkt* ist ein Leistungsbündel, das sich aus einer speziell aufeinander abgestimmten Kombination aus Sach- und Dienstleistungsanteilen zusammensetzt und auf die individuellen Bedürfnisse des Kunden ausgerichtet ist.

Die zentrale Eigenschaft eines hybriden Produkts ist die Kombination von Sach- und Dienstleistungsbestandteilen mit einer systematischen Abstimmung der verschiedenen *materiellen und immateriellen sowie kundenspezifischen und standardisierten Teilleistungen*⁷⁷, die ein Leistungsangebot für die individuellen Anforderungen eines Kunden darstellen (siehe Abbildung 40). Diese Integration hybrider Produkte bewirkt, dass der aus Kundensicht wahrgenommene Wert eines hybriden Produktes denjenigen Wert übersteigt, den der Kunde bei der Inanspruchnahme der Einzelleistungen erfährt [Sc08b].

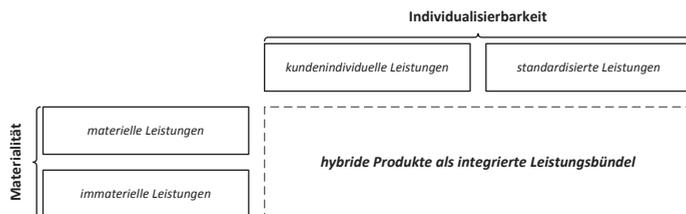


Abbildung 40: Kennzeichen hybrider Leistungsbündel [MK07]

Unter diesem Mehrwertaspekt lassen sich ergänzende (*komplementäre*) Leistungen bündeln oder gegenseitig ersetzende (*substitutive*) Leistungen bilden [MK07]. Die Integration muss auf *technischer, organisatorischer* und *wertschöpfungsbezogener* Ebene vollzogen sein, sodass der Nutzenanstieg höher ist als die mit der Integration verbundenen Kosten. Die technische Dimension der Integration bestimmt die gezielte funktionale Verknüpfung der Leistungsbestandteile untereinander [BIB+07] und die organisatorische die leistungsübergreifende Festlegung der Prozesse, die für eine aufeinander abgestimmte Entwicklung der Lösungskomponenten notwendig sind [SD06]. Der Kunde mit seinen Bedürfnissen stellt den Ausgangspunkt der Leistungserbringung dar (siehe Abbildung 41).

einem leistungsoptimalen Produkt-Service-System. Analog zu den hybriden Produkten orientieren sich PSS stark an den für den Kunden geschaffenen Nutzen [ASS+07, MM09].

⁷⁷ Je intensiver eine systematische Abstimmung der Leistungsanteile aufeinander erfolgt, umso *produktspezifischer* sind die erbrachten Dienstleistungen. Damit nimmt auch der Integrationsgrad zu. Die Produktspezifität einer Dienstleistung liegt dann vor, wenn deren Erstellung ein umfassendes produktspezifisches Wissen erfordert [BIB+07].

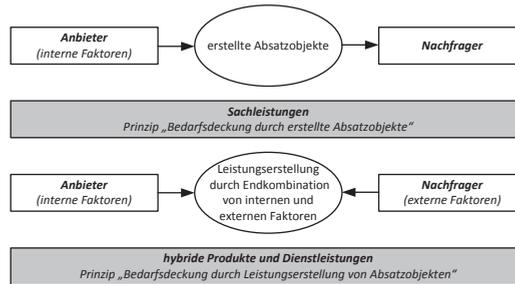


Abbildung 41: Unterschiedliche Bedarfsdeckung von Sachleistungen und hybriden Produkten [SD06]

Das Spektrum hybrider Produkte bietet Angebotsbündel, wie den *Verkauf* einer Anlage zusammen mit Installation und Wartung, den *Nutzungsverkauf* in Verbindung mit Leistungsergebnissen und Leistungsgarantien und den *Leistungsverkauf* mit der Übernahme von Prozessen und Potenzialfaktoren [BIB+07]. Sie werden als Dienstleistungen beschrieben, die ausschließlich zwischen Industrieunternehmen als Nachfrager der Dienstleistung erbracht werden. Die Begriffe *hybride Leistungsbündel* [BST11], *hybride Wertschöpfung* [Er05], *hybride Produkte* [BS06a] oder *kovalente Produkte* [WPS+02] bezeichnen die Integration von Produkt und Dienstleistungen im Sinne einer systematischen Bündelung traditionell getrennter Leistungsangebote. Leistungsbündelung bedeutet das *Schnüren von Leistungspaketen*. Hybride Produkte werden durch den Grad der Immaterialität von reinen Sachgütern als erste und von reinen Dienstleistungen als zweite Extremausprägung abgegrenzt. Zwischen diesen beiden Extremen sind hybride Produkte je nach Ausprägung einzuordnen (siehe Abbildung 42).

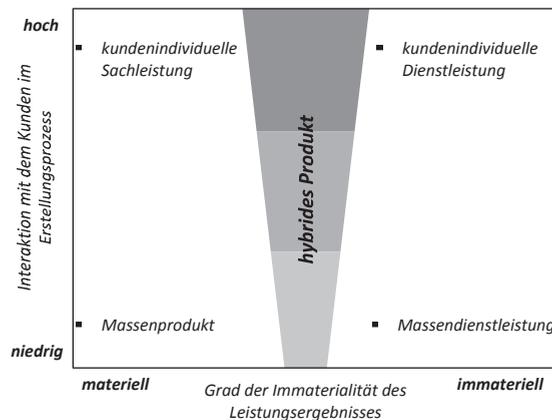


Abbildung 42: Gütertopologische Abgrenzung hybrider Produkte [LG08]

Burianek et al. [BIB+07] identifizieren grundlegende Kriterien zur Konzeptualisierung der Komplexität hybrider Produkte:

- *Art des Kundennutzens:* Die Erstellung hybrider Produkte orientiert sich an den Anforderungen des Kunden und den für ihn geschaffenen Nutzen. Es lassen sich funktionsorientierte (z. B. die Gewährleistung der Funktionsfähigkeit einer Maschine), nutzungsorientierte (z. B. die Verfügbarkeit eines Produkts) und ergebnisorientierte

(Anbieter schuldet ein Produktionsergebnis) Nutzenangebote unterscheiden [MUK06].

- *Umfang des Leistungsangebots*: Der Umgang des hybriden Produktangebots bestimmt die damit involvierten Geschäftsprozesse bzw. Geschäftsbereiche des Kunden. Der reibungslose Ablauf eines Geschäftsprozesses steht zusätzlich zur Funktionsfähigkeit und Verfügbarkeit einer Sachleistung im Vordergrund.
- *Heterogenität der Teilleistungen*: Die Heterogenität der Teilleistungen beruht auf der Anzahl der unterschiedlichen Teilleistungen, die zur Erbringung notwendig sind und in das Angebot integriert werden müssen [WK03].
- *Grad der technischen Integration*: Die Bündelung bzw. Koppelung von Sach- und Dienstleistungen (*technische Integration*) in einem Leistungsangebot ist charakteristisch für hybride Produkte. Der Grad der technischen Integration bezeichnet dabei die Intensität der inneren Verzahnung bzw. Vernetzung der einzelnen Leistungsbestandteile [KZK06].
- *Grad der Integration in die Wertschöpfungsdomäne des Kunden*: Das Leistungsangebot muss in die bestehenden Prozesse und Systemlandschaften des Kunden integriert werden [KZK06]. Der Anbieter passt sich den existierenden Schnittstellen beim Kunden an.
- *Grad der Individualisierung*: Die Individualisierung drückt den Grad der Kundenspezifität des Leistungsangebots aus [MB09]: Je mehr technische Integration bzw. Integration der Geschäftsprozesse die Leistungserbringung erfordern, desto umfassender ist die Integration des externen Faktors (vor allem in Form von Informationen) in die Leistungserstellung. Damit nimmt in der Regel der individuelle Charakter zu.

4.2.2 Industrielle Dienstleistungen

Die Hybridisierung eröffnet den Maschinen- und Anlagenherstellern als Anbieter von *industriellen Dienstleistungen* Nutzenpotenziale, die ihnen helfen, nachhaltig Wettbewerbsvorteile zu sichern [Ba04]. Die Bedeutung industrieller Dienstleistungen gewinnt einen zunehmenden Einfluss auf das Produktgeschäft des Maschinen- und Anlagenbaus. Mit einem starken Industriesektor ist in Deutschland der Anteil der *industriellen Dienstleistungen* an der Wertschöpfung mit über zehn Prozent deutlich höher als in anderen Industrieländern [BMWi09]. Industrielle Dienstleistungen tragen durch einen beachtlichen Betrag zum Unternehmensgewinn [BMB06] bei und weisen damit eine höhere Profitabilität und ein höheres Wachstum auf als das Gesamtgeschäft [Ko06]. In diesem Bereich liegt die Profitmarge bis zu zehn Prozent höher im Vergleich zu reinen Dienstleistungen und bewegt sich zwischen acht und 18 Prozent vom Umsatz [Mi06]. Die von Albach [Al89] vertretene Theorie der industriellen Dienstleistungen führt den Trend zur Dienstleistungsgesellschaft auf den Angebotsdruck des industriellen Sektors zurück. Industrieunternehmen befinden sich in einer zunehmend verschärften Wettbewerbssituation. Auf den Absatzmärkten führt der Wettbewerb zu einem erhöhten Preisdruck, der sich in steigendem Kostendruck innerhalb der Unternehmen niederschlägt. Aufgrund dieser verstärkten Wettbewerbssituation des Weltmarkts suchen traditionelle Produkthersteller nach neuen Ge-

schäftsfeldern, nach weiteren Entwicklungsmöglichkeiten und nach Änderung des Produktportfolios, d. h. nach Identifikation und Nutzung von Geschäftsaktivitäten, die sich an die reine Produktherstellung anschließen und wertvolle Dienstleistungen für Kunden als Differenzierung gegenüber der Konkurrenz bieten [WB99]. Diese Entwicklung geht mit einer gestiegenen technischen Komplexität der Produkte beispielsweise im Anlagengeschäft oder bei Systemtechnologien einher zusammen mit einer erhöhten Nachfrage und den gestiegenen Bedürfnissen und Ansprüchen auf Individualisierung und kundenspezifische Anpassung. Nach einer Tendenzbefragung⁷⁸ des *Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)* [VDMA01] umfassen industrielle Dienstleistungen ein breites Dienstleistungsangebot (siehe Tabelle 4).

Bisher konnte im wissenschaftlichen Diskurs kein Konsens und Verständnis für eine einheitliche Begriffsbestimmung über industrielle Dienstleistungen erzielt werden. In der wissenschaftlichen Literatur kursieren weiterhin Begriffe wie *produktbegleitende Dienstleistungen* [Ni09], *kernproduktbegleitende Dienstleistungen* [Ne07], *produktendifferenzierende Dienstleistungen* [Me92], *produktbezogene Dienstleistungen* [TWL+07a], *funktionelle Dienstleistungen* [LLW06], *investive Dienstleistungen* [ER06, HG96], *sachgüterergänzende Dienstleistungen* [LE02], *After-Sales-Services* [EKR93, MF08], *komplementäre Dienstleistungen* [BS06a] und *prozessorientierte Dienstleistungen* [Ha04], *produktverbundene Dienstleistungen* [MB09], *funktionelle Dienstleistungen* [Fo88], *technische Dienstleistungen* [BS06a], *Kundenservice* [St95] und *Kundendienst* [Me82] bzw. *Kundendienstleistungen* [Wa10b]. Im deutschen Sprachraum haben sich die Begriffe *industrielle Dienstleistung* und *produktbegleitende Dienstleistung* durchgesetzt.

Tabelle 4: Arten von industriellen Dienstleistungen und ihr Anteil am gesamten Dienstleistungsumsatz von Unternehmen [VDMA01]

<i>Art der industriellen Dienstleistung</i>	<i>Anteil am Dienstleistungsgesamtumsatz</i>
<i>Schulung der Kunden</i>	4,5%
<i>Inbetriebnahme, Abnahme</i>	7%
<i>Instandhaltung</i>	23,5%
<i>Planung, Beratung, Projektierung</i>	16%
<i>Dokumentation</i>	2,5%
<i>Montage</i>	13,5%
<i>Software</i>	6%
<i>Teleservice, Hotline u. a</i>	2,5%
<i>Leasing, Vermietung, Finanzierung</i>	13,5%
<i>Demontage, Entsorgung</i>	2%
<i>Zertifizierung</i>	0,5%
<i>Betreibergeschäft</i>	3,1%
<i>Sonstige Dienstleistungen</i>	4,5%

Im Rahmen der Arbeit werden *industrielle Dienstleistungen* in Anlehnung an Becker und Kugeler [BK01a], Bruhn und Stauss [BS07], Engelhardt und Reckenfelderbäumer [ER06, Re04] und Hamouida [Ha04] wie folgt definiert:

⁷⁸ Der VDMA untersuchte das Thema industrielle Dienstleistungen im Rahmen einer Tendenzbefragung unter Mitgliedsunternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau. Dabei wurden 359 Antwortschreiben von Unternehmen ausgewertet.

Definition 4.3: *industrielle Dienstleistung*

Industrielle Dienstleistungen sind *produktergänzende, prozessorientierte Dienstleistungen*, die von Unternehmen oder Organisationen zur weiteren Leistungserstellung beschafft werden (*investive Dienstleistungen*). Sie verfügen über die Leistungseigenschaften Immaterialität und Materialität (*hybride Produkte*), sodass immaterielle Leistungseigenschaften in Verbindung mit Materialien kombiniert und an einem externen Bezugsobjekt (*externer Faktor*) ausgeführt werden. Sie werden entweder isoliert und damit eigenständig ohne direkten Produktbezug (*produktentkoppelt*) als Primärleistungen (*industrielle Dienstleistungen im erweiterten Sinne*) oder aber kombiniert als produktbegleitende Leistungen mit direktem Produktbezug (*produktgekoppelt*) als Sekundärdienstleistungen (*industrielle Dienstleistungen im engeren Sinne*) vermarktet.

Von Unternehmen produzierte Dienstleistungen sind überwiegend industrielle Dienstleistungen (z. B. Wartung, Instandhaltung, Engineering, technische Prüfung, Montage, Entsorgung usw.). Laut Becker et al. [BBK08a] können industrielle Dienstleistungen selbstständige am Markt angebotene Leistungen sein oder als Teil eines (hybriden) Sach- und Dienstleistungsbündels auftreten. Eine ähnliche Ansicht vertreten auch Spath et al. [SD06], dass letztendlich diese selbstständigen Leistungen schwerpunktmäßig zur Vermarktung des Sachgutes dienen. Wie es die Gütersystematik aufzeigt, weisen Sachgüter diverse immaterielle Produktkomponenten oder Eigenschaften auf. Insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau besteht eine enge Verbindung zwischen den Leistungskomponenten der Sach- und Dienstleistungen, die als komplexe Bündel vermarktet werden. Industrielle Dienstleistungen werden im Maschinen- und Anlagenbau über den Anlagenlebenszyklus erbracht und unterstützen die Sachleistung in den Phasen Investitions-, Nutzungs- und Erhaltungsphase [Bu09]. Industrielle Dienstleistungen werden zu dem Zeitpunkt der Leistungserstellung und der Kaufentscheidung unterschieden und in die verschiedenen Phasen eines *Produktlebenszyklus* eingeordnet. In der *Vorkaufphase* werden Leistungen angeboten, die vor dem Verkauf der eigentlichen Sachleistung erbracht werden. Die *Kaufphase* beginnt mit der Auftragserteilung und endet mit der Übergabe des installierten Investitionsgutes. Die *Nutzungs-* bzw. *Nachkaufphase* bietet Leistungen, die den Gebrauchsnutzen des Investitionsgutes sicherstellen, wiederherstellen oder erhöhen [Ba04]. Die Anbieter von Dienstleistungen dehnen ihre Verantwortung auf die Nutzungsphase investiver Gebrauchsgüter [Em05] über den gesamten Produktlebenszyklus aus und durchlaufen einen Wandel vom Hersteller zum herstellenden Dienstleister. Industrielle Dienstleistungen als hybride Produkte sind ein erster Schritt, um zu einer kundenorientierten Sichtweise⁷⁹ überzugehen [SD06, SGK06]. Produktion und Verkauf der Sachleistung stehen nach wie vor im Mittelpunkt, jedoch wird der Industriegüterhersteller zum dienstleistenden Produzenten [SD06] und zum Lösungsanbieter [SBS07].

⁷⁹ Industrielle Dienstleistungen im Zusammenhang mit einer kundenorientierten Sichtweise werden auch als *Kundenlösungen* bezeichnet [G11, Ko10a, SM08]. Bei Kundenlösungen stehen lösungsorientierte Beziehungsprozesse zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager im Fokus [TKB07, VL04]. Der Kunde kauft eine Leistung als Beitrag zur Lösung seiner Probleme.

Das *Service Management* bzw. das *industrielle Service Management* von Dienstleistungen bzw. Services im industriellen Sektor verfolgt das Ziel, die Dienstleistungsproduktion schneller und mit einem geringeren Ressourceneinsatz zu gestalten. Im Zentrum des Servicemanagements steht eine konsequente Kundenorientierung. Die Dienstleistung wird nicht nur geplant und effizient durchgeführt, sondern auch permanent evaluiert und verbessert. Das Servicemanagement zielt einerseits auf hohe Produktivität der Dienstleistungserbringung und andererseits auf eine hohe Kundenzufriedenheit durch eine adäquate Dienstleistungsqualität [ABM11].

4.2.2.1 Systematisierung von industriellen Dienstleistungen

Industrielle Dienstleistungen sind investive Dienstleistungen, die von Unternehmen nachgefragt werden. Homburg und Garbe [HG96] nehmen eine nachfrager-, anbieter- und verbundeneitsbezogene Differenzierung des Dienstleistungsbegriffs vor (siehe Abbildung 43). In der ersten Stufe der *nachfrageorientierten Differenzierung* wird zwischen konsumptiven und investiven Dienstleistungen unterschieden. Dienstleistungen, deren Zielgruppe die privaten Nachfrager und der konsumptive Groß- und Einzelhandel sind, werden nicht den industriellen Dienstleistungen zugeordnet. Auf der Ebene der *anbieterorientierten Differenzierung* sind industrielle Dienstleistungen ein Teilbereich investiver Dienstleistungen, die von Industriegüterherstellern angeboten werden und einen eigenständigen sowie bewertbaren Problembeitrag bei den Dienstleistungsnehmern leisten [HG96, Hi06, SD06]. Ein wesentliches Kriterium ist der Anbieter der Dienstleistung. Eine industrielle Dienstleistung liegt vor, wenn ein produzierendes Industriegüterunternehmen, ein Hersteller von industriellen Sachleistungen, sie anbietet.

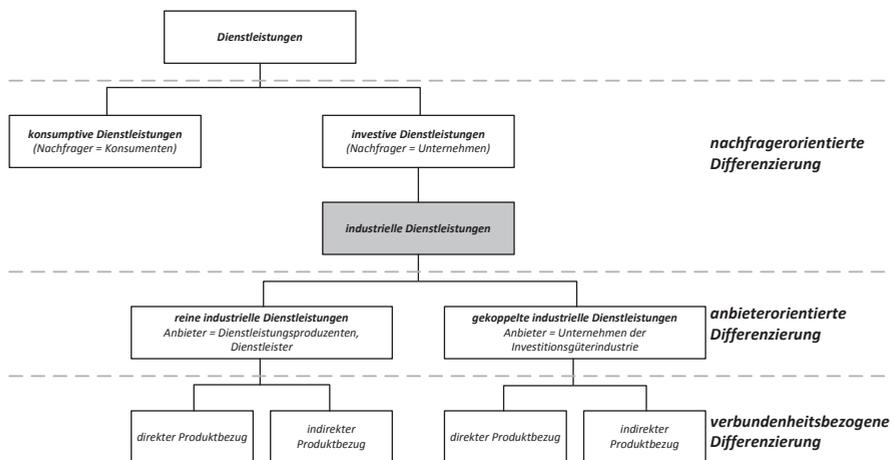


Abbildung 43: Differenzierungen des industriellen Dienstleistungsbegriffs [HG96, SD06]

Somit werden Dienstleistungen ausgegrenzt, die durch spezialisierte Dienstleister erbracht werden. Die Definition von Homburg und Garbe [HG96] legt industrielle Dienstleistungen als immaterielle Leistungen fest, die ein Investitionsgüterhersteller seinen Kunden zur Förderung des Absatzes seiner Sachgüter anbietet. Diese Einschränkung führt jedoch zu spezifischen Problemen, da viele spezialisierte Dienstleistungsunternehmen das Ergebnis von

Ausgliederungen aus Industriegüterunternehmen sind und vergleichbare Leistungen anbieten, die in direkter Konkurrenz zu Dienstleistungsangeboten der herstellenden Unternehmen stehen [Be07, ER06]. Die *verbundenheitsbezogene Differenzierung* unterscheidet zwischen *direktem* und *indirektem Produktbezug*. Engelhardt und Reckenfelderbäumer [ER06] präzisieren den Produktbezug. Investive Dienstleistungen werden als *industrielle Dienstleistungen im erweiterten Sinne* bezeichnet (siehe Abbildung 44).

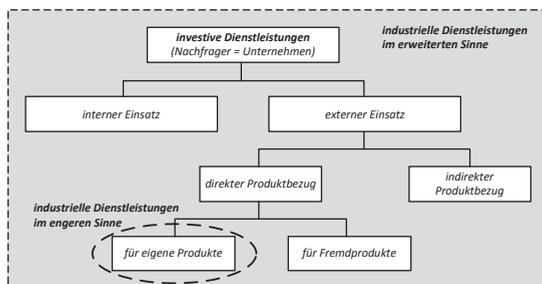


Abbildung 44: Konkretisierung der Systematisierung von industriellen Dienstleistungen (in Anlehnung an [ER06])

Anbieter von *Dienstleistungen* sind Investitionsgüterhersteller (*direkter Produktbezug*) und spezialisierte Dienstleister (*indirekter Produktbezug*). Der direkte Produktbezug unterscheidet, ob die betreffenden Dienstleistungen für die Verwendung in der eigenen Unternehmung (interne Dienstleistungen) eingesetzt oder sie gegenüber externen Kunden (externe Dienstleistungen), den Nachfragern anderer Unternehmen, erbracht werden. Die im Zusammenhang mit eigenen Produkten erbrachten Dienstleistungen sind *industrielle Dienstleistungen im engeren Sinne* und gelten als produktbegleitende Dienstleistungen auf dem investiven Bereich. Dienstleistungen ohne direkten Produktbezug (Fremdprodukte) werden wie Dienstleistungen für fremde Produkte als eigenständige Absatzobjekte aus Sicht des Investitionsgüterherstellers angeboten und als *Primärdienstleistungen*⁸⁰ bezeichnet. Spezialisierte Dienstleistungsanbieter (indirekter Produktbezug), die investive Dienstleistungen anbieten (institutionelle Dienstleister) und als Erbringer industrieller Dienstleistungen gelten, sind in die Betrachtung einbezogen. Eine interne Dienstleistung liegt vor, wenn eine für eigene Zwecke genutzte Maschine von unternehmungseigenen Mitarbeitern repariert wird. Erbringt ein Maschinenbauer für seine Maschinenkunden Reparaturleistungen im Rahmen langfristiger Wartungsverträge, sind es Leistungen am eigenen Produkt. Diese Reparaturen können auch an vergleichbaren Maschinen anderer Hersteller vollzogen werden.

Spath und Demuß [SD06] differenzieren industrielle Dienstleistungen in *produktbegleitende Dienstleistungen* und *Performance Contracting-Leistungen* (siehe Abbildung 45). Produktbegleitende Dienstleistungen werden von Anbietern der Investitionsgüterindustrie an

⁸⁰ Eine *Primärdienstleistung* wird unabhängig von Sachleistungen am Markt angeboten (Dienstleistung ist Kernprodukt). Primärdienstleistungen sind eigenständige Absatzleistungen und vom Grundprodukt (Investitionsgut) losgelöst. Auch von reinen Dienstleistungsunternehmen für Industrieunternehmen erbrachte Primärdienstleistungen zählen zu industriellen Dienstleistungen. Eine *Sekundärdienstleistung* ist unmittelbar mit einer Sachleistung verknüpft (Dienstleistung ist elementare Ergänzungsleistung). Sekundärdienstleistungen werden ergänzend zu einem Hauptprodukt angeboten.

Investitionsgütern erbracht und sind Zusatzleistungen, die an ein spezifisches Produkt gebunden sind (produktgekoppelt). Produktbegleitende Dienstleistungen lassen sich weiter unterteilen in gestaltende, betreuende und beratende Dienstleistungen. Als gestaltende Dienstleistungen bietet der dienstleistende Produzent eine kundenindividuelle Ausgestaltung der Leistungen an. Betreuende Dienstleistungen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie die optimalen Eigenschaften eines Produkts erhalten. Die beratenden Dienstleistungen optimieren die Prozesse der Wertschöpfungskette des Kunden. Diese Prozesse sind direkt oder indirekt mit dem Hauptprodukt verbunden.

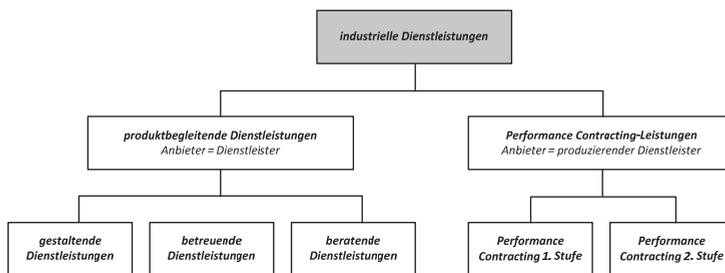


Abbildung 45: Differenzierung von industriellen Dienstleistungen in produktbegleitende Dienstleistungen und Performance Contracting-Leistungen [SD06]

Industriegüterhersteller bieten neben den produktbegleitenden Dienstleistungen zusätzlich *Performance Contracting-Leistungen* an, um den Absatz ihrer Güter zu fördern und den Nutzen für ihre Kunden zu erhöhen. Das tatsächliche Kernprodukt wird ein Teil des Leistungsbündels. Das Performance Contracting der ersten Stufe erfasst Dienstleistungen, in denen Industriegüterhersteller eine Leistungsgarantie ihres Produkts für einen bestimmten Zeitraum zu einem Festpreis anbieten. Das technische Risiko des Produkts übernimmt der Hersteller, aber er trägt keine Verantwortung für die Betriebsführung und das Personal. Die zweite Stufe für Performance Contracting-Dienstleistungen ist die Leistungsergebnisgarantie. Der Industriegüterhersteller stellt qualifiziertes Personal ein oder sorgt für eine Schulung. Industrielle Dienstleistungen stehen nicht zwingend mit den eigenen Produkten des Anbieters in Beziehung, sondern werden auch an Produkten anderer Hersteller erbracht.

4.2.2.2 Charakterisierung von industriellen Dienstleistungen

Im Unterschied zu konsumptiven und rein investiven Dienstleistungen weisen industrielle Dienstleistungen einige Besonderheiten auf. Geschäftsbeziehungen zwischen Kunden und Lieferanten sind in der Regel langfristig angelegt (*Langfristigkeit*) und durch zahlreiche persönliche Kontakte gekennzeichnet (*Integration*). Die Rolle des Kunden bleibt nicht auf die Konsumtion von Leistungen beschränkt, sondern öffnet sich auch anderen Leistungsbereichen. Die Integration des Endkunden in den Wertschöpfungsprozess offeriert neue Optionen in der Leistungsgestaltung und -individualisierung für alle Beteiligten [KT04]. Häufig werden industrielle Dienstleistungen von einem Industrieunternehmen zusätzlich zu den physischen Produkten angeboten. Dadurch formalisiert sich der Prozess der Kaufentscheidung und gestaltet sich zeitaufwendig (*Kaufprozess*). Durch die vergleichsweise hohe Komplexität der Leistungsbündel verlangt die Ermittlung dienstleistungsbezogener Kundenanforderungen eingehende Prozesskenntnisse (*Komplexität der Leistungsbündel*). Die

Erstellung von industriellen Dienstleistungen generiert den Kundennutzen aus dem Leistungserstellungsergebnis: Das Dienstleistungsergebnis hat dominierende Bedeutung [Pe10b].

Ein weiteres Kriterium ist der *Bezug zur Sachleistung*, das ebenso wie das Anbieterkriterium in der Literatur unterschiedlich behandelt wird. Wie die Einbringung externer Faktoren erfolgt, werden durch die Integration des externen Faktors als Bestandteil des Leistungserstellungsprozesses und durch die Transformation des externen Faktors als *conditio sine qua non* des Leistungserstellungsprozesses unterschieden [EKR93]. Nach Meffert und Bruhn [MB09] sind interne und externe Faktoren für den Leistungserstellungsprozess kombiniert und erzielen als Faktorkombination an den externen Faktoren nutzenstiftende Wirkungen. Im weiter gefassten Begriffverständnis bei Voeth et al. [VBB04] werden den *produktbegleitenden Dienstleistungen* die *sachgebundenen Dienstleistungen* zugeordnet, die ausschließlich industrielle Sachgüter als Kernleistung ausweisen, sowie zusätzliche begleitende Dienstleistungen, die im Verbund mit einer industriellen Dienstleistung angeboten werden. Eine zu enge Betrachtung wird der zunehmenden Bedeutung von Dienstleistungen im Investitionsgüterbereich nicht gerecht, sodass industrielle Dienstleistungen auch als eigenständige Leistungen ohne einen direkten Bezug zu industriellen Sachgütern angesehen werden [BV07]. Die Verbindung der Dienstleistung zum physischen Produkt ist aber das wesentliche, notwendige Merkmal der betrachteten industriellen Dienstleistungen. Weitere Differenzierungsmöglichkeiten ergeben sich durch den Interaktionsgrad mit dem Anwender (einmalig, mehrmalig, kontinuierlich), nach dem Vertragsverhältnis (Einzelleistung vs. Vertragsleistung), der Neuheit der Dienstleistung oder nach ihrer ökonomischen Funktion und Individualität (individuell vs. standardisiert) [GI11].

In der vorliegenden Arbeit werden industrielle Dienstleistungen als produktbegleitende Dienstleistungen in Verbindung mit Sachgütern aus dem Maschinen- und Anlagenbau thematisiert und in Ergänzung zum physischen Produkt in einer direkten oder indirekten Beziehung angeboten. Nach Hamouida [Ha04] wird diese Teilmenge als *produktergänzende, prozessorientierte Dienstleistungen* identifiziert und lässt sich von versprechensorientierten⁸¹ Dienstleistungen (z. B. Versicherung) und interaktionsorientierten⁸² Dienstleistungen (z. B. Beratung, Schulung) abgrenzen. Prozessorientierte Dienstleistungen sind technische Dienstleistungen und eng mit den technischen Phasen im Produktlebenszyklus von Maschinen und Anlagen in der Investitionsgüterindustrie verbunden [Ha04]. Typische Beispiele dieser industriellen Dienstleistungen sind Lieferungen (z. B. Bereitstellung von Material, mit Anlieferung für Anlagen wie Kraftwerke), Montagen (z. B. Montage von Schalterschranken bei Anlagen), Inbetriebsetzungen (z. B. verfahrenstechnische Inbetriebsetzung), Instandhaltungen (z. B. Reparatur einer Anlageneinheit) sowie Demontagen und Entsorgungen (z. B. Entsorgung von Material) [Ha04]. Die Zusammenfassung zeigt, dass industrielle Dienstleistungen

- hohe Integrativitäts- und Immaterialitätsgrade aufweisen,

⁸¹ *Versprechensorientierte* Dienstleistungen werden in Form eines Versprechens erbracht, ohne dass es zu einer Verrichtung kommt.

⁸² *Interaktionsorientierte* Dienstleistungen können nachvollzogen werden, unterliegen jedoch keinem vorab bekannten Prozess.

- durch einen Investitionsgüterhersteller oder spezialisierten Dienstleister erbracht,
- als Primär- und Sekundärleistung angeboten,
- als innerbetriebliche Leistungen oder unmittelbar gegenüber externen Kunden als investive Leistung erzielt werden und
- eine direkte oder indirekte Beziehung zu Sachleistungen haben.

4.2.3 Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen

Nach Aussagen der Gesellschaft für Instandhaltung (GFIN) ist die *Instandhaltung* Deutschlands umsatzstärkster Industriezweig [GFIN11, Ho09]. So erhöhte sich der direkte Instandhaltungsaufwand⁸³ in Deutschland auf ca. 225 Mrd. € (2005) gegenüber 140 Mrd. € (1995) [GFIN11, Ho09]. Die indirekten Instandhaltungskosten⁸⁴ betragen laut Berechnungen von Kuhn et al. [KSS06] das Drei- bis Fünffache, d. h. ca. 675 bis 1125 Mrd. €. Laut Horn [Ho09] werden industrielle Dienstleistungen, vor allem die Instandhaltung, als „*zunehmend [...] wichtiger Teil in der Wertschöpfungskette*“ angesehen. Sie leisten einen bedeutenden Beitrag zur Wertsteigerung, zum Werterhalt und zur Verfügbarkeit vorhandener Anlagen und sorgen für Produktqualität sowie Prozessstabilität. Das übergeordnete Ziel der *industriellen Instandhaltungsdienstleistungen* ist die Gewährleistung der Sicherheit sowie der Funktionsfähigkeit aller technischen Einrichtungen eines Betriebes bei minimalen Kosten [NP06, Sc10c]. In der Arbeit wird der Bereich industrieller Instandhaltungsdienstleistungen als industrielle Dienstleistungen⁸⁵ angesprochen. Die Instandhaltung bzw. *industrielle Instandhaltungsdienstleistung* wird in Anlehnung an die DIN EN 13306 [DIN08] definiert:

Definition 4.4: *industrielle Instandhaltungsdienstleistung*

Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen sind eine Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements im Verlauf des Lebenszyklus einer Einheit für den Erhalt oder die Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustandes dieser Einheit, sodass die geforderte Funktion erfüllt wird. Eine industrielle Instandhaltungsdienstleistung ist eine Ausprägung einer industriellen Dienstleistung.

Die Instandhaltung ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder zur Rückführung in diesen Zustand, um die geforderte Funktion zu erfüllen. Das primäre Arbeitsziel der Instandhaltung sind die Verzögerung der Abnutzungsgeschwindigkeit und die Vermeidung bzw. Verhinderung von Zerstörung und Verfall von Investitionsgütern. Den produzierenden und dienstleistenden Unternehmen

⁸³ Primär sind darunter die Kosten zu verstehen, die direkt in Verbindung mit der Instandhaltung stehen, bspw. Personalkosten, Ausgaben für Ersatz- und Verschleißteile sowie Beschaffungs- und Lagerhaltungskosten oder Aufwendungen für Fremdleistungen [Sc10c].

⁸⁴ Indirekte Instandhaltungsaufwendungen beinhalten die Kosten, die als Auswirkungen der Instandhaltung anzusehen sind wie bspw. Folgekosten durch Produktionsausfall oder Qualitätsminderung [Sc10c].

⁸⁵ Im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts wurde die Instandhaltung als Ausprägung von industriellen Dienstleistungen im Besonderen betrachtet.

steht dafür die Sicherung einer möglichst störungsfreien Nutzungsdauer der einzusetzenden Ressourcen zur Verfügung. Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen bieten beispielsweise die Pflege von Engpassmaschinen und kapitalintensive Ausrüstungen an. Diese Entwicklung sowie eine weiter fortschreitende Vernetzung der Technik haben zur Folge, dass die Qualität des Kundendienstes sowie die produktbegleitenden Dienstleistungen bei der Entscheidung über den Kauf neuer Maschinen und Anlagen ebenso wichtig sind wie Leistung oder Preis. Die *Instandhaltung* wird nach der DIN 31051 [DIN03] in vier Grundmaßnahmen unterteilt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Grundmaßnahmen der Instandhaltung

<i>Grundmaßnahmen</i>	<i>Definition</i>
<i>Wartung</i>	Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats
<i>Inspektion</i>	Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung
<i>Instandsetzung</i>	Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand ohne Verbesserungen
<i>Verbesserung</i>	Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion zu ändern

Die DIN EN 13306 [DIN08] unterscheidet in der Instandhaltung zwischen *korrektiver* und *präventiver Instandhaltung*. Die präventive Instandhaltung wird nach festgelegten Abständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien zur Verminderung der Ausfallwahrscheinlichkeit oder der Wahrscheinlichkeit einer eingeschränkten Funktionserfüllung einer Einheit ausgeführt. Sie erfolgt planmäßig auf Anforderung oder kontinuierlich. Die Wartung ist ein typischer Teilaspekt der präventiven Instandhaltung. Die korrektive Instandhaltung wird nach einer Fehlererkennung ausgeführt, um eine Einheit in einen Zustand zu bringen, in dem sie eine geforderte Funktion erfüllt (Abbildung 46). Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen werden der Gruppe der *betreuenden Dienstleistungen* zugeordnet. Dazu zählen alle Dienstleistungen, die die optimalen Eigenschaften eines Produktes erhalten. Betreuende Dienstleistungen zählen zu den sogenannten produktbegleitenden Dienstleistungen, die alle Dienstleistungen erfassen, die zur Absatzförderung von Sachgütern als Zusatzleistung angeboten werden [SD06].

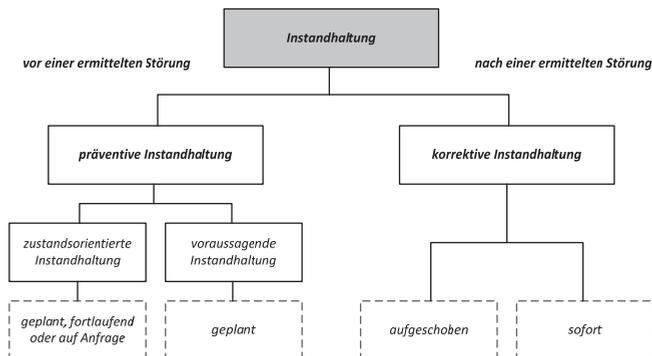


Abbildung 46: Instandhaltung nach [DIN08]

Industrielle Instandhaltungsdienstleistungen sind durch den externen Faktor bestimmt, da die Leistung an einem Gegenstand ausgeführt wird, der sich im Besitz des Kunden befindet (*Investitionsgut*). Damit ergeben sich die *Standortgebundenheit* der industriellen Instandhaltungsdienstleistung und der erforderliche *direkte Kontakt* zwischen Dienstleister und Kunde. Industrielle Instandhaltungs-Dienstleistungen werden den hybriden Produkten zugeordnet: Sie erfolgen auf Grund materieller Veränderungen am Instandhaltungsobjekt des Kunden (externer Faktor) und enthält in hohem Umfang materielle Leistungsergebnisbestandteile. Für den Endkunden liegt bei Instandhaltungsdienstleistungen ein hybrides Produkt vor, da ihm neben dem materiellen Anteil (technische Materialien) auch Dienstleistungen zur Installation, Wartung und Reparatur angeboten werden [TWL+07b]. Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten dienen der Erhaltung des Ausgangszustands technischer Einrichtungen und Arbeitssicherheit. Die Ablauforganisation der Instandhaltung setzt ein Ordnungssystem zur Erfassung, Strukturierung und Klassifizierung der Instandhaltungsobjekte, ein Informationswesen mit Grund- und Bewegungsdaten und ein Auftragswesen (mit Vertragsbestandteil), voraus [VDI96b]. Nach der Festlegung einer Instandhaltungs- sowie Wartungsarbeit werden alle relevanten Daten zu den Beschaffungsprozessen hinzugezogen, was die Literatur als *integrierte Instandhaltung* anspricht. Drei wesentliche Sichten sind *funktionsübergreifend*, *betriebsprozessübergreifend*, *anlagen- und maschinenübergreifend* [Ba05].

4.3 Industrielle Dienstleistungsbeschaffung

Aus der Sicht von Dienstleistungsunternehmen ergeben sich Einsparpotenziale aus einer effektiveren Beschaffung von Dienstleistungen. Eine enge Dienstleistungsanbieter-Dienstleistungsnehmer-Beziehung durch moderne IKT führt zu einer Senkung von Transaktionskosten. Die ganzheitliche Betrachtung von Geschäftsprozessen, Beschaffungsaktivitäten, Schnittstellen, elektronischen Beschreibungen von Dienstleistungen, von Stammdaten und einheitlichem Dokumentenaustausch ermöglicht die Beseitigung und Vermeidung von Ineffizienzen und dadurch die Verbesserung des Einkaufs von Dienstleistungen [HMS+09, HW09]. Durch den Trend zum verstärkten Outsourcing hat sich in vielen Unternehmen die Wertschöpfungstiefe wesentlich reduziert. Daraus folgt, dass mehr Güter und Dienstleistungen wie auch im Maschinen- und Anlagenbau fremdbezogen werden. Daher ist in den vergangenen Jahren die Bedeutung der Dienstleistungsbeschaffung und der *industriellen Dienstleistungsbeschaffung* für den Unternehmenserfolg signifikant gestiegen [St08]. Die Dienstleistungsbeschaffung ist zu einer gewinnbringenden und wettbewerbsentscheidenden Unternehmensfunktion gewachsen und dadurch in der Unternehmenshierarchie aufgestiegen. Sie wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen und den Erfolg der Unternehmen in den nächsten Jahren stärker prägen. Kleine und mittlere Unternehmen sehen sich immer mehr dem wachsenden Kosten- und Leistungsdruck ausgesetzt. Sie müssen sich vermehrt mit dem Thema der Beschaffung auseinandersetzen und ihre gegenwärtigen Beschaffungsstrukturen überprüfen.

4.3.1 Beschaffung

Die *Beschaffung* stellt innerhalb von Unternehmen einen Schlüsselprozess dar [Wi05]. Die Beschaffung, die traditionell aus der sachgutorientierten Sicht nur ein Erfüllungsgehilfe anderer Abteilungen war, intern hohe Ineffizienzen aufwies und oft lose Beziehungen zu Lieferanten unterhielt, wandelt sich zu einer strategisch wichtigen Funktion im Unternehmen (siehe Abbildung 47). Sie wird durch eine hohe Wertschöpfungsorientierung und Prozessorientierung mit reorganisierten, optimierten und effizienten Strukturen und Abläufen aufgewertet. Operative und administrative Aufgaben werden so weit wie möglich automatisiert, ggf. eliminiert, an Lieferanten oder an andere Hierarchiestufen übergeben [EKM02]. Während die *Materialwirtschaft* für die interne Bereitstellung von Sachgütern und Dienstleistungen zuständig ist, d. h. für die Bereitstellung der richtigen Dienstleistungen und Sachgüter zur richtigen Zeit in der richtigen Menge am richtigen Ort, werden die Umsetzung und Sicherstellung der definierten Ziele in der Materialwirtschaft durch die Beschaffung geleistet [St07a]. Die Beschaffung⁸⁶ hat zum Ziel, Sachgüter und Dienstleistungen zur Unterstützung der primären Wertschöpfungsaktivitäten zur Verfügung zu stellen.

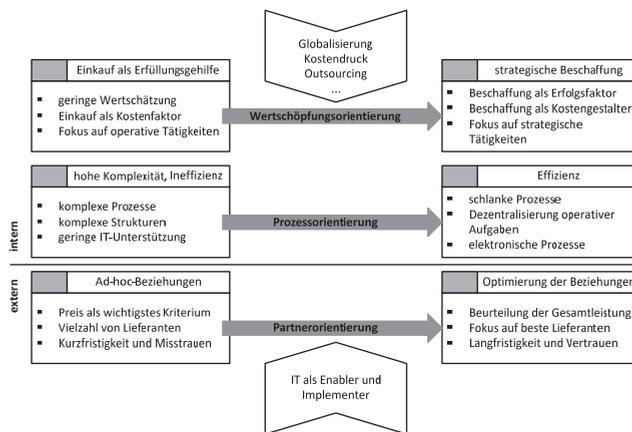


Abbildung 47: Wertschöpfungs- und Prozessorientierung der Beschaffung [EKM02]

Die Beschaffungsaktivitäten für Sachgüter und Dienstleistungen unterscheiden sich durch Routinebeschaffungen (z. B. Maintenance, Repair und Operating Supplies (MRO⁸⁷)) mit

⁸⁶ Die Begriffe *Beschaffung* und *Einkauf* werden synonym verwendet. Unter dem Begriff *Einkauf* (engl. *Purchasing*) ordnet sich das Ziel der optimierten Kosten ein, um die richtigen Materialien zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Qualität am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen. In der Fachliteratur findet im Gegensatz zur gängigen Unternehmenspraxis eine Unterscheidung zwischen den Begriffen *Einkauf* und *Beschaffung* statt [KR06, We06a]. Dabei wird der Einkauf als ein Teil der Beschaffung betrachtet. Der Begriff *Beschaffung* wird für die Kernaufgaben der unternehmerischen Einkaufsaktivitäten angewandt und bezeichnet die operativen Tätigkeiten [DB96]. In der aktuellen Literatur wird der Begriff um die Vertragsverantwortung als Hauptaufgabe erweitert [Co95]. Die Abgrenzung zwischen beiden Begriffen lässt sich vor allem am Umfang der Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche festmachen. Die Aktivitäten des Einkaufs haben dabei eher operativen Charakter.

⁸⁷ *Maintenance, Repair, and Operations (MRO)*-Güter sind Güter aus dem Bereich der Instandhaltung. Diese Güter gehen nicht direkt in das Endprodukt ein, sondern werden bei Handelsunternehmen weiterverkauft. Daher sind MRO-Güter auch als indirekte Güter zu bezeichnen. MRO-Güter sind nur von untergeordneter strategischer Bedeutung. Ihre Beschaffung wird in der Regel in hohem Maße automatisiert [MS08b].

geringerem Wert und wiederkehrender Beschaffung oder durch Projektbeschaffungen (z. B. Gebäude) mit hohem Wert und einmaliger Beschaffung. Gegenstand der Beschaffung ist die Gewinnung und Bereitstellung von Produktionsfaktoren (Arbeit, Materialien wie Betriebsmittel und Werkstoffe) für die Erfüllung der Unternehmenszwecke. Im weiteren Sinne beinhaltet die Beschaffung die Produktionsfaktoren Personal, Kapital und Informationen. Das *Beschaffungsmanagement* bezieht sich auf alle Aktivitäten, um Lieferantenbeziehungen zu verwalten, und zielt auf die Strukturierung und kontinuierliche Verbesserung von Beschaffungsprozessen innerhalb von Organisationen und zwischen Organisationen und ihren Lieferanten ab [We06a]. Nach Tuli et al. [TKB07] gelten für die Beschaffung industrieller Dienstleistungen als Ausprägung hybrider Produkte folgende Erfolgsfaktoren, die den Dienstleistungsnachfrager sowie den Dienstleistungsanbieter ansprechen:

- *flexible hierarchische Strukturen*: Die Verantwortung liegt bei der Organisationseinheit, die über die notwendige Fachkompetenz verfügt, einen besseren Informationsfluss erlaubt und die Reaktionsfreudigkeit auf Kundenanfragen erhöht.
- *hoher Dokumentationsgrad*: Der Anbieter legt eine Dokumentation der Aktivitäten für die Leistungserbringung als Basis für die Bewertung der Prozesslösung an.
- *Explizierung der Prozesse*: Der Erfolg der Leistung setzt voraus, dass Prozesse festgelegt und bekannt sind, um das Zusammenspiel der Abteilungen untereinander und die Interaktion mit dem Kunden zu definieren.
- *Anpassungsfähigkeit*: Der Kunde zeichnet sich durch die Fähigkeit aus, sich dem Anbieter und dessen Leistungsanspruch anzupassen. Durch die Bereitschaft des Kunden, die bestehenden Prozesse offenzulegen, ist eine effiziente Einbindung der Leistungsfähigkeit des Anbieters möglich.

4.3.1.1 Beschaffungsprozessaktivitäten und -phasen

Nach van Weele [We06a] umfassen die *Beschaffungsprozessaktivitäten* den Prozess der Beschaffung und schließt die Bedarfsbestimmung, die Lieferantenauswahl, die Konditionsbestimmung, die Vertragsverhandlung und die Lieferüberwachung ein (Abbildung 48). Im Einzelnen werden die folgenden Beschaffungsaktivitäten spezifiziert:

- *Bedarfsbestimmung*: Bestimmung des Bedarfs (benötigte Qualität und Quantität) von Sachgütern und Dienstleistungen
- *Lieferantenauswahl*: Auswahl des passenden Lieferanten und Entwicklung von Verfahren zur Findung der am besten geeigneten Lieferanten
- *Vertragsverhandlung*: Vorbereitung und Führung von Verhandlung mit Lieferanten, um Vereinbarungen zu treffen
- *Auftragsabwicklung*: Auftrag an ausgewählte Lieferanten vergeben und effiziente Beschaffungsauftrags- und Abwicklungssystementwicklung
- *Lieferüberwachung*: Überwachung und Kontrolle der Warenbestellung
- *Folgeaktivitäten und Evaluierung*: Beanstandungen bearbeiten und Lieferantenbeziehungen pflegen

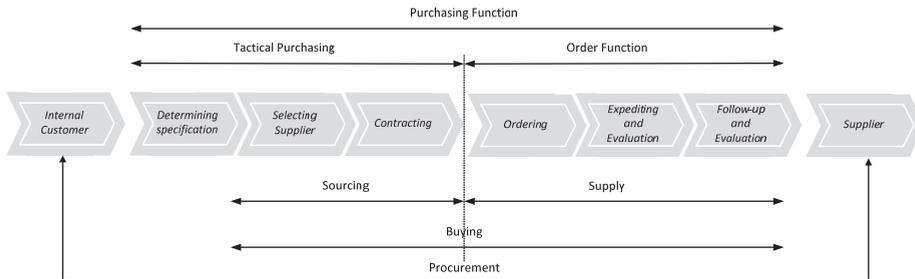


Abbildung 48: Beschaffungsaktivitäten und damit verbundene Konzepte [We06a]

Ein Beschaffungsprozess lässt sich in die *Beschaffungsphasen Anbahnungs-, Vereinbarungs- und Abwicklungsphase* gliedern [HMH+12]:

- *Anbahnungsphase*: Die Anbahnungsphase beginnt mit der Ermittlung der Bedarfe und endet mit den abschließenden Verhandlungen mit potenziellen Lieferanten. Die Anbahnungsphase lässt sich in folgende Schritte unterteilen: *Bedarfsermittlung* (Menge der Beschaffungsobjekte, Zeitpunkt, Häufigkeit, Kosten), *Spezifikation der Anforderungen* (Erstellung eines Lastenhefts), *Ermittlung der Leistungsarten* (Marktrecherche), *Beschaffungsmarktforschung* und *Angebotseinholung*.
- *Vereinbarungsphase*: Die Vereinbarungphase umfasst die Beschaffungsaktivitäten von der Vergabeentscheidung bis zur Kontrolle und Freigabe der Beschaffung. Die Vereinbarungphase lässt sich in die Schritte *Vergabeentscheidung* und *Vertragsgestaltung* unterteilen.
- *Abwicklungsphase*: Die Abwicklungsphase schließt die Beschaffungsschritte von der Organisation bis zur Desinvestition ein und enthält die *Abnahme* (Überprüfung der vollständigen und mängelfreien Leistungserbringung).

4.3.1.2 Beschaffungsprozessstypen

Das Beschaffungsverständnis von *Beschaffungsprozessstypen* wird als ein operatives und ein strategisches Verständnis (*strategisches Beschaffungsmanagement* und *operatives Beschaffungsmanagement*) aufgefasst [Sa07, Sy10]. Unter dem operativen Beschaffungsverständnis wird die abwicklungsorientierte Versorgungsfunktion verstanden, die in erster Linie operative Tätigkeiten beinhaltet. Dem strategischen Beschaffungsverständnis liegen Sourcing-Konzepte zugrunde: Ein Beitrag zur langfristigen Sicherung von Erfolgspotenzialen soll geleistet werden. Die Strategie-Dimensionen beziehen das Beschaffungsobjekt (*unit sourcing* oder *modular system sourcing*), den Lieferanten (*sole sourcing*, *single sourcing*, *dual sourcing* oder *multiple sourcing*), die Beschaffungszeit (*stock*, *demand tailored* oder *just-in-time*), das Beschaffungsareal (*local sourcing*, *domestic sourcing* oder *global sourcing*) und das Beschaffungssubjekt (*individual sourcing* oder *cooperative sourcing*) ein [Ar96, Co95]. Stoll und Wölflé et al. [St08, WS09] sowie Meier und Stormer [MS08b] unterteilen Beschaffungsprozessstypen in einen *strategischen*, *operativen* und *taktischen* Anteil:

- Das *strategische Beschaffungsmanagement* wird als Schnittmenge der Handlungen des Beschaffungsmanagements betrachtet und dem allgemeinen strategischen Ma-

nagement zugeordnet. Eine Beschaffungsstrategie entwirft, wie Beschaffungsaufgaben durch bestimmte Handlungen zielorientiert erfüllt werden [CS97]. Dabei lassen sich interne und externe Beschaffungsstrategien unterscheiden: Personal-, Struktur- und Prozessstrategien sind *interne Beschaffungsstrategien*. *Externe Beschaffungsstrategien* beziehen sich auf Lieferanten oder andere Nachfrager von Beschaffungsmärkten (Lieferanten- und Kooperationsstrategien). Nach Stoll [St08] umfasst das strategische Beschaffungsmanagement die *Vertragsanbahnung* und die *Vereinbarung* bspw. bei langfristigen Lieferverträgen (Abbildung 49). Grundlage dieser strategischen Elemente sind die künftige Bedarfsermittlung, Ausschreibungen sowie die Lieferantenauswahl und die Auftragserteilung auf der untersten Ebene. Die effiziente und transparente Identifikation von Lieferanten steht im Vordergrund. Auf der Basis einer Bedarfsspezifikation werden potenzielle Lieferanten ausgewählt. In der Planungsphase erfolgt die Spezifikation von Dienstleistungen, indem Leistungsverzeichnisse bzw. elektronische Produktkataloge in Kooperation zwischen Kunden und Dienstleistern erstellt und ausgetauscht werden. Bei langfristig ausgelegten Kundenbeziehungen sind Rahmenverträge⁸⁸ definiert und stehen als Vertragsgrundlage zur Verfügung. Ein Rahmenvertrag bildet die Grundlage für die operative Abwicklung der Geschäftsprozesse. Ist eine Lieferantenbeziehung etabliert, folgen wiederkehrende operative Geschäftstätigkeiten. Bei den strategischen Beschaffungsabläufen handelt es sich um die Vereinheitlichung der Beschaffung, wie z. B. *Make-or-Buy-Entscheidungen*⁸⁹. Als wichtige Merkmale des strategischen Beschaffungsmanagements lassen sich die Langfristigkeit von Beschaffungspotenzialen, Ziele, Erfolg des Unternehmens und Wettbewerbsvorteile identifizieren [La09].

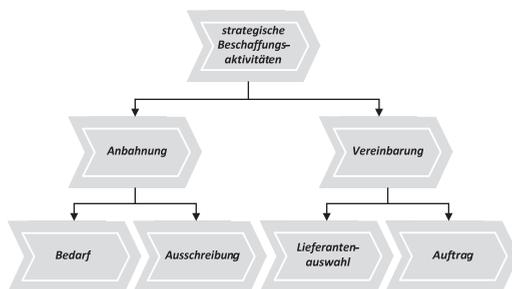


Abbildung 49: Strategische Beschaffungsprozestypen

- Das *operative Beschaffungsmanagement* bezieht administrative und operative Beschaffungsprozesse für die Durchführung von Beschaffungsaktivitäten ein. Der

⁸⁸ Ein *Rahmenvertrag* legt nach Kreuzpointner und Reißer [Kr06] die grundlegenden, individuellen Rahmenbedingungen und Vereinbarungen einer Geschäftsbeziehung fest. Das Ziel eines Rahmenvertrags ist die Absicht, eine längerfristige Beziehung mit einem Lieferanten aufzubauen. Weiterhin sollen durch die Festlegung der Bedingungen erneute Verhandlungen vermieden und die dabei vermutlich entstehenden Unklarheiten eingespart werden. Auf der Basis eines Rahmenvertrags werden wiederkehrende Bestellungen innerhalb einer definierten Planperiode ausgeführt.

⁸⁹ Eine *Make-or-Buy-Entscheidung* legt eine Entscheidung zugrunde, ob eine Leistung entweder von einem externen Anbieter bezogen oder im eigenen Unternehmen produziert wird. Entscheidungen über die Kriterien Kosten, Qualität, Zeit, Ressourcenverfügbarkeit und Risiken werden gefällt.

Prozess der operativen Beschaffung wird durch einen konkreten Bedarf an bestimmten Beschaffungsobjekten angestoßen. Die Aufgaben des operativen Beschaffungsmanagements sind als Durchführung konkreter Beschaffungsakte unter dem Begriff der „marktgerichteten Beschaffungsdisposition“ zusammengefasst [GS80]. Operative Tätigkeiten der Beschaffung umfassen bspw. die Bedarfsermittlung, Lieferantenauswahl, Budgetfreigabe, Angebotseinholung, Beschaffungsaufträge, Bestellung, Bestellüberwachung, Logistik, Zahlungsabwicklung. Das Ziel der operativen Beschaffungsprozesse ist die Versorgung der Unternehmen mit den benötigten Sachgütern, Dienstleistungen und den definierten Vorgaben für Menge, Qualität, Zeitpunkt und Ort zu einem möglichst günstigen Preis. Nach Stoll [St08] schließt das operative Beschaffungsmanagement die *Auftragsabwicklung* und *Kontrolle* ein (Abbildung 50). Die Auftragsabwicklung besteht aus der Bestellüberwachung und dem Wareneingang. Die Kontrolle erfasst die Rechnungsprüfung und die Zahlung der entsprechenden Lieferung. Der operative Bereich ist verantwortlich für Ausschreibung, Angebotsvergleich und -entscheidung sowie Bestellung, Kontrolle und Bezug der zugehörigen Dienstleistungen und Sachgüter. Die Auftragsabwicklung umfasst die durch den Kunden initiierte Dienstleistungsausführung und alle damit verbundenen Entscheidungs- und Realisierungsaufgaben. Sie schließt operative und strategische Beschaffungsaktivitäten in der Dienstleistungsbeschaffung ein. Die kaufmännische Auftragsabwicklung⁹⁰ betrachtet administrative-kaufmännische und technisch-operative Aufgaben wie die der Finanzbuchhaltung oder die Angebotserstellung, bestimmt den Gesamtprozess der Bearbeitung von Aufträgen und schließt verschiedene am Leistungserstellungsprozess beteiligte Funktionsbereiche wie die Bereiche Vertrieb, Beschaffung, Produktion, Versand und Rechnungswesen eines Unternehmens ein [Cr03a, MM09]. Sie schließt sämtliche betriebliche Aktivitäten ein, die den Informationsfluss vom Zeitpunkt der Erfassung einer Kundenanfrage bis zur Zahlungseingang betreffen [Gal2a, Ot04], und bildet einen Kernprozess in Unternehmen [MM09]. Nach Otto [Ot04] beginnt die Auftragsabwicklung mit der administrativ-kaufmännischen Bearbeitung eines Auftrags: Ein übermittelter Kundenauftrag wird geprüft und in ein Auftragsabwicklungssystem⁹¹ übernommen. Anfragen und Aufträge des Kunden werden als innerbetriebliche Vorgabe und Handlungsanweisung umgesetzt. Die technisch-operative Auftragsabwicklung ist für die Erbringung der an Kundenwünschen orientierten Dienstleistungen verantwortlich. Sie schließt die Geschäftsprozesse der Beschaffung und Planung der Dienstleistungen sowie die physische Erbringung für den Kunden ein. Die Gestaltung der Auftragsabwicklung ist in der Industrie, im Handel und im Dienstleistungsbereich unterschiedlich ausgeprägt und stark von der Branche abhängig [Sk00].

⁹⁰ Im Gegensatz zur *kaufmännischen Auftragsabwicklung* betrachtet die *technische Auftragsabwicklung* die Konstruktion, Arbeitsvorbereitung oder Montage [Sc08a].

⁹¹ *Auftragsabwicklungssystem* sind betriebliche Informationssysteme, die die Geschäftsprozesse der Auftragsabwicklung abbilden. Es werden Warenwirtschaftssysteme bzw. ERP-Systeme eingesetzt.

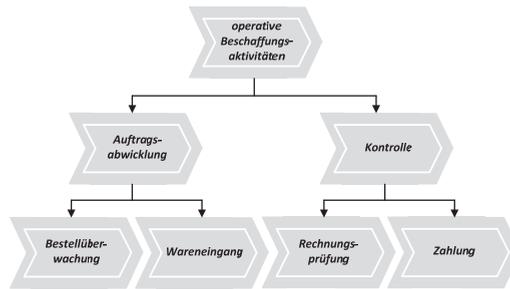


Abbildung 50: Operative Beschaffungsprozestypen

Die Auftragsabwicklung führt zur Verteilung von Aufgaben in der Auftragsabwicklung zwischen Teilnehmern einer Wertschöpfungskette. Ziel der Auftragsabwicklung ist die Verbesserung der Anbieter- und Kundenbeziehung. Sie liefert Lösungsansätze bei der Integration und Koordination von Prozessschritten, um einen höheren Automatisierungsgrad des Informationsflusses zu erreichen. Laut Studien führt die Auftragsabwicklung durch die medienbruchfreie Interaktion zwischen Kunden und Lieferanten zu einer Verbesserung der Service Level, der Kundenzufriedenheit und der Kostenverringerung⁹². Zentrale Treiber der Auftragsabwicklung stellen mit 52 Prozent die Verbesserung der Kundenbeziehungen und mit 48 Prozent die Senkung der Prozesskosten dar [Hu04a]. Bei der Auftragsabwicklung industrieller Dienstleistungen geht die Abwicklungsphase mit der Produktion der Leistung einher. Teile der Leistung werden mit dem Kunden erbracht, sind für den Kunden sichtbar oder nicht sichtbar. Der Kunde wird damit zum Co-Produzenten der Dienstleistung und muss aktiv in den Wertschöpfungsprozess einbezogen werden [WL06b]. Durch die laufende Interaktion mit dem Kunden nimmt der Kunde einen Teil des Prozesses direkt wahr und zieht ihn in die Bewertung der Leistung ein [Gi06].

- Meier und Stormer [MS08b] nennen zu der strategischen und operativen Beschaffung noch eine weitere Unterteilung, das *taktische Beschaffungsmanagement*. Es befindet sich im Prozessverlauf zwischen den beiden strategischen und operativen Aktivitäten. Die taktische Beschaffung konzentriert sich auf die Vertragsverhandlungen, um bspw. Rahmenverträge abzuschließen. Das taktische Beschaffungsmanagement ist für die Analyse von Bedarfs- und Ausgabenmustern, Nachfrage und Marktangebot verantwortlich. Lieferanten werden ausgewählt und Rahmenkontrakte ausgehandelt.

4.3.1.3 Unterschiede in der Sach- und Dienstleistungsbeschaffung

Unterschiede in der Beschaffung von Dienstleistungen und Sachgütern resultieren insbesondere aus den speziellen Merkmalen von Dienstleistungen [WY09]. Dienstleistungen werden in enger Interaktion zwischen dem Kunden und dem Dienstleister produziert. Das

⁹² Nach Schätzung der Yankee Group haben Unternehmen im Jahr 2003 weltweit 6,7 Mrd. USD zur Vernetzung von Partnern in der verteilten Auftragsabwicklung investiert [Hu04a]. Nach einer Befragung von CSC wird die Verbesserung der Zusammenarbeit mit Lieferanten und Kunden von Unternehmen als dringende Aufgabe angesehen [CSC04].

Anbieten von Dienstleistungen benötigt persönliche Interaktion. In einer Studie untersuchten Smeltzer und Ogden [SO02] unter 82 Einkäufern die Differenzen zwischen der Sach- und Dienstleistungsbeschaffung. Neben den Komplexitätsunterschieden ermittelten sie, dass die Prozessverläufe wesentliche Unterschiede in den Prozessphasen aufweisen. Bei der Dienstleistungsbeschaffung ist es im Vergleich zu der Sachleistungsbeschaffung aufgrund der Merkmale von Dienstleistungen, wie z. B. Intangibilität, schwierig oder gar unmöglich, Faktoren vor oder nach dem Einkauf zu messen. Beispielsweise stellt sich die Beschreibung (Spezifikation) einer Dienstleistung im Unterschied zu einer Sachleistung aufgrund der Komplexität häufig als diffizil heraus. Smeltzer und Ogden [SO02] folgern, dass die Beschreibung eines materiellen Produkts generell vollständiger ist als die einer Dienstleistung. Sie stellen heraus, dass die Entdeckung eines Defekts bei Dienstleistungen viel schwieriger ist als in der Fertigung. Zudem werden von ihnen erhebliche Unterschiede im Beschaffungsprozess von Sach- und Dienstleistungen hinsichtlich Preisverhandlungen und der Bestimmung der Gesamtkosten beim Einkauf festgestellt. Die Preisangabe bei einer Dienstleistung ist im Vergleich zur Materialbeschaffung oft nur ein Richtwert, da in vielen Fällen der genaue Umfang nicht im Voraus zu bestimmen ist. I.d.R. ergibt sich nach Erbringung der Dienstleistung eine Abweichung zwischen der vorher kalkulierten und dem letztlich abgerechneten Preis. Die Preisvorhersage der Lieferanten erfolgt meistens auf der Basis der Werte aus der Vergangenheit. Die Erstellung eines Aufmaßes bei der Dienstleistungsbeschaffung ist jedoch ein zusätzliches Merkmal, das eine wesentliche Aussage über einen Beschaffungsverlauf trifft. Zusammenfassend kann aus den untersuchten elementaren Unterschieden bei der Dienstleistungsbeschaffung eine deutlich höhere Komplexität gegenüber der Sachgüterbeschaffung gefolgert werden. Herfurth et al. [HW11, HSW11, WHS11] stellen die Unterschiede im Beschaffungsvorgang von Sachgütern und Dienstleistungen gegenüber (siehe Abbildung 51).

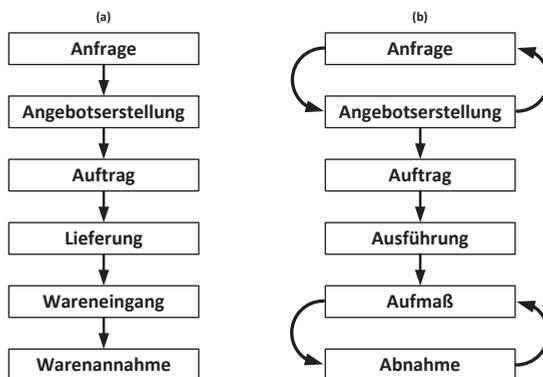


Abbildung 51: Gegenüberstellung der Beschaffung von Sachgütern (a) und Dienstleistungen (b) [HW11, HSW11]

Während die Beschaffung von Sachgütern einem sequentiellen Prozessverlauf folgt, ausgehend von einer Anfrage eines Dienstleistungsnachfragers bis zur Warenannahme des Dienstleistungsnachfragers, wird der sequentielle Beschaffungsverlauf bei der Dienstleistungsbeschaffung durch Zyklen gebrochen. Aufgrund der Komplexität und erschwerten Vergleichbarkeit von Dienstleistungen ist ein Dienstleistungsangebot

zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager iterativ zu verhandeln, bis der Dienstleistungsanbieter ein finales Angebot erstellt. Nach der Erbringung einer Dienstleistung wird das Aufmaß solange verhandelt, bis die Leistungen durch den Dienstleistungsnachfrager abgenommen werden.

4.3.1.4 Einflussgrößen auf die Dienstleistungsbeschaffung

Für die Dienstleistungsbeschaffung werden Stellgrößen identifiziert, die die Beschaffungsprozesse entscheidend beeinflussen. Stellgrößen sind Produktcharakteristiken (technische Komplexität und Risiko), strategische Wichtigkeit (Investitionen), Beschaffungskosten (Transaktionskosten und Preise), Beschaffungsmärkte (Monopol- oder Oligopolmärkte), Beschaffungsrisikograd (Kaufentscheidung von Erfahrungswerten abhängig), Beschaffungsrollen (Verantwortlichkeiten und Kompetenzen) und Auswirkungsgrad (Grad der Beeinflussung des Beschaffungsguts auf die existierenden Routinen). Nach Spangenberg [Sp09] stellen die folgenden spezifischen Merkmale der Dienstleistungseigenschaften Einflussgrößen auf die Beschaffungsprozesse dar:

- *Heterogenität*: Heterogenität bezeichnet die Uneinheitlichkeit der Elemente einer Menge hinsichtlich eines oder mehrerer Merkmale. Sie entsteht durch die Integration des Kunden bei der Leistungserstellung. Aus den spezifischen Anforderungen eines Kunden resultieren unterschiedliche Dienstleistungen. Heterogenität entsteht auch durch die vom Dienstleistungsanbieter eingebrachte Arbeitsleistung, die von definierten Leistungsinhalten abweichen. Die Heterogenität wird durch die Interaktion zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager erzeugt [BG95].
- *Komplexität*: Die Komplexität ergibt sich durch die Vielzahl an unterschiedlichen Anforderungen des Dienstleistungsnachfragers und ist damit für den Einkauf schwierig zu beurteilen [MB09].
- *Varianz der Leistung*: Die Varianz der Leistung beschreibt das Maß der Abweichung des zu erwartenden Leistungsergebnisses vom Standard und bestimmt den Methodeneinsatz des Beschaffungsprozesses.
- *Standardisierbarkeit*: Standardisierte Leistungen sind einfacher zu beschreiben, weichen nur unwesentlich von zuvor definierten Leistungen ab und lassen sich einfacher beurteilen.
- *Know-How-Intensität*: Die Know-How-Intensität ist ein Maß für die Beschaffenheit der Leistungen im Hinblick auf das notwendige Wissen bei der Leistungsdefinition und der Leistungserstellung.
- *Nachfragerspezifikationen*: Die Nachfragerspezifikation beschreibt die Anforderungen des Kunden während der Leistungsdefinition und der Leistungserstellung und korreliert mit dem Methodeneinsatz in der Beschaffung. Spezifische Anforderungen engen die Auswahl möglicher Anbieter stark ein.
- *Integration des externen Faktors*: Der externe Faktor bildet ein inhärentes Merkmal einer Dienstleistung. Der Umfang und die Intensität der Integration des externen Faktors sind abhängig von der jeweiligen Dienstleistung.

- *Standortbezogenheit*: Die Standortbezogenheit von Dienstleistungen entsteht durch die Ausführung von Dienstleistungen beim Kunden und bestimmt die Integration des Kunden.
- *Verhaltensunsicherheit*: Verhaltensunsicherheiten ergeben sich durch die Immaterialität der Dienstleistung und die Integration von Marktteilnehmern. Diese Faktoren variieren in Abhängigkeit vom Grad der Zusammenarbeit und der Transparenz.

Spangenberg [Sp09] fasst die Merkmale Heterogenität, Komplexität, Varianz der Leistung, Standardisierbarkeit, Know-How-Intensität und Nachfragerspezifikation als *produktbestimmende Merkmale* auf, die die Einflussgröße *Individualisierungsgrad* bilden. Die Merkmale Integration des externen Faktors, Standortbezogenheit und Verhaltensunsicherheit bilden *projektbestimmende Merkmale* und werden zu der Einflussgröße *Interaktionsgrad* zusammengefasst.

4.3.2 Industrielle Dienstleistungsnetzwerke

Unternehmen verspüren zunehmend den Druck, die eigene Wertschöpfung vorwiegend durch Leistungserstellung zu steigern. Daraus resultiert eine starke Wertschöpfungskollaboration (Kollaboration in der Liefer- bzw. Beschaffungskette) mit anderen Netzwerkpartnern. *Unternehmensnetzwerke* stellen eine auf Wettbewerbsvorteile zielende intermediäre Organisationsform ökonomischer Aktivitäten zwischen Markt und Hierarchie dar. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass bei allen gemeinschaftlich durchgeführten Aktivitäten eine Koexistenz von Wettbewerb und Kollaboration herrscht. Nach Sydow [Sy10] sind Unternehmensnetzwerke eine auf die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen zielende Organisationsform ökonomischer Aktivitäten, die sich durch kollaborative und relative stabile Beziehungen zwischen rechtlich selbstständigen, aber wirtschaftlich meist abhängigen Unternehmungen auszeichnet. *Industrielle Dienstleistungsnetzwerke*⁹³ stellen eine Ausprägungsform von Unternehmensnetzwerken dar. Während bei Produktionsnetzwerken eine Sachleistung im Vordergrund steht, ist bei Dienstleistungsnetzwerken die Produktion einer Dienstleistung vordergründig.

Industrielle Dienstleistungsnetzwerke erbringen industrielle Dienstleistungen. Ihre Netzwerkstrukturen sind weniger strategisch geplant, sodass sich immer neue Konstellationen durch neue Organisationen ergeben, die im Netzwerk partizipieren. Diese Netzwerke weisen keine zentrale Führungsinstanz auf, die eine strategische Steuerung ausübt. Widerstände gegen die Beteiligung von Unternehmen an Netzwerkstrukturen bestehen vor allem bei kleinen und mittelständischen Unternehmen, deren Beteiligungsbereitschaft als zu gering ausgelegt wird. Mit einer Beteiligung an unternehmensübergreifenden Kollaborationen in industriellen Dienstleistungsnetzwerken werden langwierige Entscheidungsprozesse, Flexibilitätsverluste sowie Einschränkungen der Weisungs- und Kontrollmöglichkeiten assoziiert [We05]. Das Management überbetrieblicher Geschäftsprozesse in Unternehmens-

⁹³ Stauss und Bruhn [SB07] unterscheiden unternehmensübergreifende *Wertketten* und unternehmensübergreifende *Wertnetzwerke*. Sie kommen jeweils in einer unternehmensperspektivischen Variante (Typ A) und einer kundenperspektivischen Variante (Typ B) vor. Zusätzlich wird die Wertkette um die Konfigurationen des Wertshops und des Wertnetzwerks erweitert [SF98, WRS06].

netzwerken erweist sich als komplex, da der Koordinationsaufwand durch Schnittstellen an den jeweiligen Unternehmensgrenzen erhöht wird [Aa99b].

4.3.2.1 Service Chain

Das Konzept der *Wertkette* von Porter [Po96a, Po96b] beschreibt eine funktionsübergreifende Verkettung von unternehmensinternen Prozessen. Die Wertkette dient als Grundlage für die Gestaltung von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsprozessen sowie deren Analyse [Po96b]. Sie gliedert den Leistungserstellungsprozess in eine Reihe von strategisch relevanten Wertschöpfungsaktivitäten (Wertaktivitäten) nach dem physischen Durchlaufprinzip. Es werden zwei Arten von Wertaktivitäten unterschieden:

- *primäre Wertaktivitäten* hängen mit der unmittelbaren Erstellung und Vermarktung von Dienstleistungen zusammen und tragen direkt zur Wertschöpfung bei.
- *sekundäre Wertaktivitäten* werden durch Inputfaktoren bereitgestellt oder stellen infrastrukturelle Bedingungen, die zur reibungslosen Abwicklung der primären Aktivitäten geschaffen werden. Sie unterstützen bzw. ermöglichen die primären Aktivitäten.

Die *Supply Chain (Wertschöpfungskette)*⁹⁴ basiert auf dem von Porter definierten Wertkettenmodell und verknüpft die Glieder vom Vorlieferanten über Logistikdienstleister, Distributionszentren und das produzierende Unternehmen bis zu Einzelhändlern und Endkunden in Wertschöpfungsnetzwerken (*Supply Chain Netzwerke*)⁹⁵. Sie besteht aus Waren-, Finanz- und Informationsflüssen von der Identifizierung des Marktbedarfs bis hin zu Auftrags Erfüllung [Ge05]. *Service Chains* verknüpfen die Glieder von beteiligten Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern und bestehen aus Waren-, Finanz- und Informationsflüssen. Service Chains werden als dienstleistungsorientierte Wertschöpfungsketten analog zu Supply Chains für Sachgüter betrachtet. Eine *Service Chain* wird in dieser Arbeit in Anlehnung an Iakovaki [ISH09], Kleine und Schneider [KS10] und Weißenfels [We05] wie folgt definiert:

Definition 4.5: *Service Chain*

Investitionsgüterhersteller⁹⁶ aus dem Maschinen- und Anlagenbau in der Rolle als Dienstleistungsnachfrager sowie spezialisierte Dienstleister in der Rolle als Dienstleistungsanbieter schließen sich in bilateralen und multilateralen Netzwerken (*industriellen Dienstleistungsnetzwerken*) zusammen mit der Intention, Dienstleistungen unter Berücksichtigung der Immaterialität des Leistungsergebnisses einerseits und Integrativität des Leistungsprozesses andererseits zu produzieren und zu verwalten. Unternehmensübergreifende Wertschöpfungs-

⁹⁴ Die Begriffe *Supply Chain*, *Lieferkette*, *Wertkette*, *Wertschöpfungskette* und *Versorgungskette* werden im Folgenden synonym verwendet.

⁹⁵ In dieser Arbeit werden die betrachteten Wertschöpfungsnetzwerke (Supply Chain Netzwerke) als *Dienstleistungsnetzwerke* bezeichnet.

⁹⁶ Investitionsgüterhersteller sind *kleine und mittelständische Unternehmen (KMU)* sowie Großunternehmen. Dienstleister sind meistens KMU. Eine Abgrenzung von KMU und Großunternehmen erfolgt durch qualitative Merkmale wie bspw. Beschäftigungszahlen, Führung und Organisation sowie Ressourcen- und Kompetenzausstattung [Fr94b, We05].

ketten mit Güter-, Finanz- und Informationsflüssen unter Einbindung von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern werden als *Service Chains* definiert.

Das *Service Chain Management* erfasst Technologien und Systeme für die inner- und überbetriebliche Automatisierung und Optimierung von Service-Systemen [VOD+08]. Während sich Supply Chain Management mit der Planung und dem Management der Aktivitäten von Rohstoffen bis zur Auslieferung von Endprodukten befasst, steht im Service Chain Management die Planung und das Management von Wertschöpfungsprozessen wie Unterstützungsfunktionen bis zur Ausführung von Endkunden-Dienstleistungen im Vordergrund [VJW04]. Der Materialfluss im Service Chain Management spielt eine nebensächliche Rolle. Verwandte Begriffe zu Service Chain Management sind *Service Supply Chain Management (SCCM)* [ISH09, WY09], *Services-Oriented Supply Chain (SOSC) Management* [AM00], *Service Sciences, Management and Engineering (SSME)* [MS08a] und *Service Management* [FF01]. Die Basis für eine systematische Entwicklung von Dienstleistungskonzepten des Service Chain Managements bildet konstitutiv die Definition durch die Potenzial-, Prozess- und Ergebnisdimension von Dienstleistungen [Do80]. Für jede Dimension sind Konzepte und Modelle zu erarbeiten. Als Ergebnis entstehen *Produktmodelle* (Definition der Leistungsinhalte und -ergebnisse sowie des Kundennutzens), *Prozessmodelle* (Transparenz über Abläufe und Optimierung von Schnittstellen und Durchlaufzeiten) und *Ressourcenkonzepte* (Humanressourcen, Betriebsmittel und unterstützende Informations- und Kommunikationstechnik) [BH06]. Trotz der Fülle an literarischen Ansätzen im Bereich Supply Chain Management und der zunehmenden Wichtigkeit und Wahrnehmung von Dienstleistungen ist das Gebiet Service Chain Management noch weitgehend unerforscht [BAK+07, ETB04, Sp08]. Service Chain Management betrachtet Operationen und Systemen von großen, vertikal orientierten Serviceorganisationen und Netzwerken wie bspw. After-Sales-Dienstleistungen von Herstellern [LWP05] und dehnt sich auf immer mehr Dienstleistungsdomänen aus [BO06]. Trotz des Übergangs zu einer servicegetriebenen Wirtschaft (*service dominant logic* [VL04]) ist die Entwicklung von IT-Lösungen für Services entschieden hinter der Entwicklung von IT-Lösungen für produktgetriebene Industrien zurück. Während Enterprise Resource Planning-Systeme (ERP) und Material Requirements Planning-Systeme langjährige Weiterentwicklungen in der Breite und Funktionstiefe erfahren, nehmen dienstleistungsbasierte Funktionalitäten noch weitestgehend eine untergeordnete Rolle ein [VJW04].

Die zunehmende Bedeutung des industriellen Servicegeschäfts fordert die notwendige Beteiligung von Dienstleistungsanbietern, den komplexen Anforderungen an die Ausführung und Abwicklung industrieller Dienstleistungen nachzukommen. Aufgrund von leistungs-, ressourcen- und marktorientierten Interdependenzen zwischen Aktivitäten beteiligter Unternehmen in Service Chains entsteht ein Kollaborationsbedarf [AE05, Ho06, SZ10]. Die Motivation von Kollaborationen⁹⁷ liegt in der Erzielung von Größenvorteilen (*Economies of Scale*), Nutzung von Verbundvorteilen (*Economies of Scope*), Senkung der Transaktionskosten, Kompetenztransfer und Risikoverteilung. Der Zusammenschluss von Unter-

⁹⁷ Eine *Kollaboration* ist die langfristige, arbeitsteilige Zusammenarbeit von rechtlichen und wirtschaftlich selbstständigen Unternehmen mit dem Ziel der gemeinschaftlichen Leistungserbringung [SZ03, We06b].

nehmen zu einem Netzwerke führt zu Kostenreduktionen, weil die Abstimmung zwischen den Prozessbeteiligten verbessert und die Betriebskosten gesenkt werden. Infolge der verbesserten Termintreue und genaueren Liefertermine durch eine langfristig verbesserte Auftragsabwicklung ergibt sich eine Verbesserung der Kundenzufriedenheit [Ri04]. Im Blickpunkt stehen Kapazitäten und verfügbare Ressourcen. Überkapazitäten und ungenutzte Ressourcen ziehen lange Wartezeiten durch operationale Ineffizienzen innerhalb der Unternehmen nach sich und wirken sich übergreifend auf dienstleistungsbasierte Wertschöpfungsketten aus. Der Schlüsselfaktor für die Ausführung und Abwicklung von Dienstleistungen liegt in der effizienten Zufriedenstellung der Nachfrage durch ein Angebot, das die Ziele der Minimierung sowohl von Wartezeiten für Dienstleistungsnachfrager als auch von Ressourcen erfüllt. Die Ziele der Maximierung der Performance sowie der Erfahrungswerte für den Dienstleistungsnachfrager führen zu einer höheren Effizienz und Qualität [VOD+08]. Betrachtet man den Lebenszyklus investiver hybrider Dienstleistungen, so zeigt sich, dass das Angebot von Dienstleistungen eine Veränderung des traditionellen (sachproduktorientierten) Angebots darstellt. Das veränderte Leistungsangebot geht mit einer langfristigen Partnerschaft zwischen Dienstleistungsanbietern und den Dienstleistungsnachfragern einher, insbesondere während der Phasen der Konfiguration von Dienstleistungen und deren Realisierung (Ausführung und Abwicklung). Infolgedessen werden veränderte Anforderungen an den Wertschöpfungsstrukturen gestellt [MV08]. Das Angebot industrieller Dienstleistungen erfordert eine Weiterentwicklung der Wertschöpfungsstrukturen traditionell sachproduktorientierter Unternehmen, da die Realisierung von Dienstleistungen und somit eines wesentlichen Anteils der vom Kunden erwarteten Leistung nicht nur durch den Dienstleistungsanbieter selbst, sondern auch durch Händler, Vertriebs- oder Servicepartner geschieht [AMS09].

Der zentrale Unterschied im Aufbau einer Wertkette bei Dienstleistungen im Vergleich zu Sachgütern ist durch die Besonderheiten von Dienstleistungen gegeben. Die Integration des Kunden in den Erstellungsprozess einer Dienstleistung bedingt auch dessen Integration in die Dienstleister-Wertkette [MB09]. Die Simultaneität von Produktion und Konsum bzw. dem der Produktion vorgelagerten Absatz findet Berücksichtigung [MF08]. Die Eingangslogistik ist eng mit den Operationen verbunden, da bei den meisten Dienstleistungen die Inputfaktoren unmittelbar in die Operationen eingehen und der Lageranteil gering ist. Die konkrete Leistungserstellung ist in der Kategorie Operationen anzusiedeln [AB98]. Dagegen ist die von der Wertaktivität bestimmte Ausgangslogistik zu vernachlässigen, da Vorratshaltung, Lagerung und Auslieferung bei Dienstleistungen nicht stattfinden [MF08]. Benkenstein et al. [BSS07, Sp03] entwickeln die Portersche Wertschöpfungskette für Dienstleistungsunternehmen weiter, da die Wertschöpfungskette auf Sachgüterproduzenten ausgerichtet ist [Sc05b]. Sie unterscheiden in der Wertschöpfungsanalyse bzw. den Analysen von Wertschöpfungsprozessen bei Dienstleistungen die beiden unterschiedlichen Gestaltungstypen der *projektierten Leistungserstellung*⁹⁸ und der *kontinuierlichen Leistungs-*

⁹⁸ Dienstleistungsanbieter geben ihre Leistungen an Dritte einmalig oder in größeren Abständen ab. Aus der Betrachtung des Kunden wird die Leistungserstellung als einmaliges Projekt angesehen (*projektierte Leistungserstellung*) [Sc05b].

*erstellung*⁹⁹ durch Leistungsvereinbarungen. Kordowich [Ko10] entwickelt eine Wertkette für Anbieter von Kundenlösungen. Die Beschaffung ist für den Anbieter von zentraler Bedeutung (vgl. zur geänderten Rolle der Beschaffung auch [EKM02]). Ist eine Leistung geplant und vom Kunden beauftragt, so müssen Teilleistungen erbracht werden. Es ist aber größtenteils keine klassische Beschaffung von feststehenden Leistungen, sondern eine Auftragsvergabe für nicht vollständig spezifizierte Leistungen. Die Beschaffung erfolgt in weiten Teilen leistungsspezifisch und einzelfallbezogen. Sie nimmt in Teilen Charakterzüge einer Kundenlösung an und wird anspruchsvoller [SM09].

4.3.2.2 Datenflüsse

Neben den physischen Aktivitäten des Waren- und Materialflusses bilden die begleitenden, nicht-materiellen Aktivitäten einen Teil des Wertschöpfungsprozesses. Zu diesen nicht-materiellen Aktivitäten gehören insbesondere die *Datenflüsse*. Supply und Service Chain Management, auch *Schnittstellenmanagement* [Wa05], setzt an den Schnittstellen der Lieferkette/Wertschöpfungskette zwischen Unternehmen an. Störungen der Lieferkette wie Auftragseingangsschwankungen, Versorgungslücken, falsche Absatzprognosen und schlechte Termintreue sollen behoben bzw. langfristig vermieden werden. Bretzke [Br10] sieht vor allem in der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit Probleme der Integration an Schnittstellen. Die Ursachen dazu liegen in den Anforderungen, immer kundenspezifischere Produkte und individuellere Dienstleistungen zu erstellen und dafür immer schnellere und komplexere Abläufe bereitzustellen. Die Unternehmen verwenden häufig unterschiedliche Planungssysteme zur Unterstützung ihrer Geschäftsprozesse. Lokale IT-Lösungen (Insellösungen) tragen zur Komplexität der Supply Chain-Prozesse und -Systeme bei. [Ge05]. Der Eintritt, Wechsel oder Austritt eines Netzwerkteilnehmers stellt ein Problem dar, da alle Systeme und Prozesse angepasst bzw. umgestellt werden müssen. Umstrukturierung innerhalb von Supply Chain-Netzwerken verursacht hohe Aufwände an Zeit und Kosten [Ku02]. Innerbetrieblich gibt es Schnittstellen zwischen Abteilungen, überbetrieblich zwischen Lieferanten und Abnehmern. Probleme ergeben sich durch nicht reibungslose Übergänge an diesen Schnittstellen. Eine Integration aller Teilprozesse und deren Automatisierung sind notwendig. Die Integration der Teilprozesse geschieht bei der Auftragsabwicklung, der Prozesssteuerung und der Planung. Ziel der Integration ist die Herstellung einer Supply Chain-weiten Transparenz über aktuelle Bedarfe, Bestände, Kapazitäten und Prozesszustände [BD04b, Bö05]. Integrierte Informationssysteme unterstützen die effiziente Durchführung der Supply Chain-Prozesse [Bö05]. Die zunehmende interorganisationale Vernetzung einer ständig steigenden Anzahl von Akteuren und einzelnen logistischen Entitäten auf Grund der sich weiterentwickelnden globalen Arbeitsteilung fordert eine Betrachtung aus einer Netzwerkperspektive ein [SM09].

⁹⁹ *Leistungsvereinbarungen* zwischen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter bestehen über einen längeren Zeitraum. Dienstleistungen werden innerhalb des Vertragszeitraums mehrfach oder auch kontinuierlich erbracht. Derartige Leistungsvereinbarungen treten häufig bei der industriellen Dienstleistung auf (*kontinuierliche Leistungserstellung*) [Sc05b].

4.3.2.3 Wertschöpfungsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung

*Wertschöpfung*¹⁰⁰ und *Wertschöpfungsprozesse* finden in Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie bei Sach- und Dienstleistungskunden gleichermaßen statt. Die Gestaltung von Geschäftsprozessen orientiert sich bisher in der Wertschöpfungsdiskussion an der industriellen Sachgüterproduktion. Angesichts der Bedeutung dienstleistungspezifischer Wertschöpfungsprozesse ist zu diskutieren, ob die in der wissenschaftlichen Literatur bereitgestellten Konzepte und Methoden für Sachgüter im Hinblick auf Wertschöpfungsanalyse und -gestaltung unverändert auf Dienstleistungen übertragbar sind oder einer dienstleistungsorientierten Modifikation bedürfen [SB07]. Kordowich [Ko10] ordnet die Beschaffung den primären Wertschöpfungsaktivitäten zu. Das Ziel der Verbesserung von Wertschöpfungsprozessen ist die Minimierung des Ressourcenverzehr unter gleichzeitiger Berücksichtigung von kurzen Durchlaufzeiten und hoher Qualität. Für eine stimmige Gestaltung und Analyse sorgt die Verknüpfung von Wertketten. Interdependenzen zwischen Wertaktivitäten innerhalb einer Wertkette mit primären und sekundären Aktivitäten werden berücksichtigt. Standardisierungsansätze ermöglichen im Zusammenhang mit unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten Qualitäts- und Zeitvorteile durch eine prozessuale Abstimmung. Über den Skaleneffekt werden Kostenvorteile bei unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsprozessen erreicht. Bei Dienstleistungen liegen charakteristische Merkmale in Wertschöpfungsprozessen vor. Der Dienstleistungsnachfrager spielt eine Doppelrolle: Er ist nicht nur Abnehmer der Leistung, sondern auch Inputfaktor der Leistungserstellung. Über seine Beteiligung am Leistungserstellungsprozess beeinflusst er die Qualität der Leistung und damit den Wert des Outputs.

Stauss und Bruhn [SB07] differenzieren *Informations- und Kommunikationsprozesse*, *Koordinationsprozesse* und *Kombinationsprozesse* als Wertschöpfungsprozesse in Dienstleistungsnetzwerken. Bei Informations- und Kommunikationsprozessen zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern besteht bei unzureichender oder falscher Information ein Unsicherheitsfaktor für die Leistungserstellung und damit ein Risiko für die Qualität bzw. Wertschöpfung der Leistung. Koordinationsprozesse zwischen Unternehmen und dem Kunden enthalten durch die Nichtlagerfähigkeit von Dienstleistungen Risiken für die zeitgenaue Vorlage des externen Faktors und dadurch für den Ablauf des Leistungserstellungsprozesses. Kombinationsprozesse stellen die eigentlichen Wertschöpfungsprozesse dar. Sie beziehen sowohl die unternehmensinternen Prozesse bei Dienstleistungen als auch kundenseitige Informationen und externe Faktoren (d. h. externe Objekte oder den Kunden) in die Leistungserstellung ein. Voraussetzung für Kombinationsprozesse sind funktionierende Informations- und Kommunikationsprozesse (Schnittstellenprozesse) zwischen Anbietern und Kunden. Bei Wertschöpfungsprozessen von Dienstleistungen ist die Interaktion zwischen ihnen deutlich intensiver. Anbieter und Kunde müssen erst zueinander finden und können nur gemeinsam die genaue Leistung spezifizieren, um Unsicherheit und Komplexität zu reduzieren. Diese Beziehung ist von einem intensiven Informations- und Kommunikationsaustausch geprägt [ZEZ07]. Dabei beherrscht der Anbieter

¹⁰⁰ Die Wertschöpfung stellt „den durch die wirtschaftliche Tätigkeit einer Wirtschaftseinheit (Unternehmen) geschaffenen Mehrwert“ dar [Ha02]. Bei Dienstleistungsunternehmen entspricht die Gesamtleistung dem Wert der abgesetzten Leistungen als Umsatzerlöse.

vor allem die Sprache des Kunden, damit ein Informationsaustausch möglich ist [Ca89, WRS07]. Die starke Dienstleistungsnachfragerbeteiligung prägt Wertschöpfungsprozesse von Dienstleistungen. Nebl [Ne07] stellt den Produktionsprozess von Sachleistungen und Dienstleistungen in einer Wirtschaftsgütersystematik gegenüber (siehe Abbildung 52).

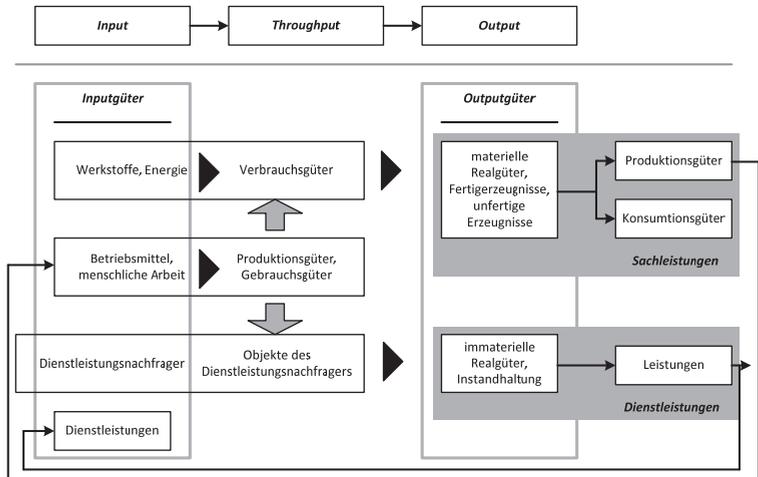


Abbildung 52: Wirtschaftsgütersystematik eines Produktionsprozesses [Ne07]

Der Dienstleistungsnachfrager ist Abnehmer der Dienstleistung, ein Inputfaktor der Leistungserstellung durch seine Teilnahme am Leistungserstellungsprozess und Mitgestalter für die Qualität der Leistung und den Wert des Outputs. Der (Mehr-)Wert einer erbrachten Dienstleistung hängt in hohem Maße von der Aktivität des Dienstleistungsnachfragers ab. Der mit einer Dienstleistung geschaffene Mehrwert setzt sich aus den Komponenten der vom Unternehmen erbrachten Leistung, der Eigenleistung des Kunden sowie aus den Verbundeffekten durch die kollaborative Beteiligung von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager zusammen [Co96]. Der Dienstleistungsnachfrager beeinflusst den Input, Throughput und den Leistungserstellungsprozess. Dienstleistungen wirken als Inputgüter auf einen externen Faktor ein, um das immaterielle Realgut zu erzeugen. Der externe Faktor ist der Dienstleistungsnachfrager oder ein Objekt wie ein Instandsetzendes Betriebsmittel. Erzeugte Dienstleistungen wirken als Inputgüter in Produktionsprozessen.

4.3.2.4 Wertschöpfungsstrukturen

In Dienstleistungsnetzwerken treten unterschiedlichste *Wertschöpfungsstrukturen* auf. Schweitzer et al. [SFM10] unterteilen ein erweitertes Wertschöpfungsnetzwerk in ein Produktions- und ein Servicenetzwerk (siehe Abbildung 53).

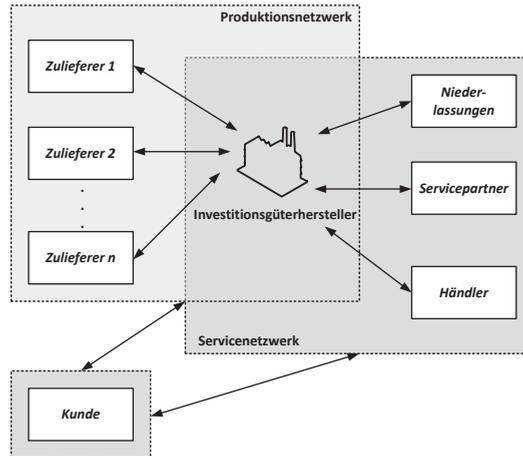


Abbildung 53: Erweiterte Struktur eines Wertschöpfungsnetzwerks von Dienstleistungsanbietern [SFM10]

Das Produktionsnetzwerk ist für die Produktion der materiellen Anteile verantwortlich und organisiert Zulieferer für Einzelteile, Komponenten und/oder ganze Systemmodule [Wi96]. Die im Servicenetzwerk organisierten Partner sind für die Bereitstellung und Erbringung der Serviceproduktbestandteile des Dienstleistungsanbieters verantwortlich [Fu07]. Das Servicenetzwerk umfasst dabei herstellereigene Niederlassungen, Servicepartner und unabhängige Händler [AFJ05]. Dietl [Di09b] stellt eine mehrstufig Supply Chain für Sachgüter (a) sowie eine einstufige Service Chain (b) einer Kunden-Lieferanten-Dualität-Service-Lieferbeziehung gegenüber (siehe Abbildung 54).

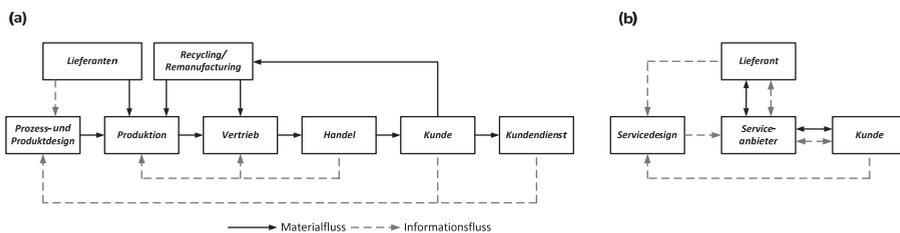


Abbildung 54: Supply Chain für Sachgüter (a) und Service Chain einer Kunden-Lieferanten-Dualität (b) in Servicelieferbeziehungen [Di09b]

Bei sachgüterorientierten Supply Chains werden Prozess- und Produktdesign von Lieferanten, Kunden und Kundendienst bestimmt. Die Produktion von Sachgütern ist abhängig von Lieferanten. Die Supply Chain verläuft sequentiell von der Produktion bis zum Kunden. Informationsflüsse bestehen zwischen Produktion, Vertrieb und Handel, Informationsrückflüsse zwischen Kunden, Kundendienst und dem Prozess- und Produktdesign. Kleine et al. [KS10] beschreiben mehrstufige Wertschöpfungsarchitekturen von Kollaborationen im Dienstleistungsbereich (siehe Abbildung 55).

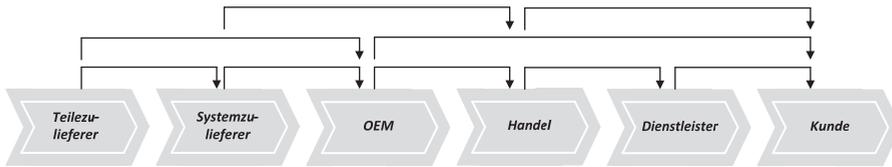


Abbildung 55: Beispiele von Kollaborationsmöglichkeiten [KS10]

Die Spezifikation, Planung und die Auftragsabwicklung von Dienstleistungen werden mit dem in der Wertschöpfungskette direkt nachfolgenden Partner sowie wertschöpfungsstufenübergreifend ausgeführt und von mehreren Partnern gemeinsam realisiert. Service Chains variieren je nach Dienstleistungsart, Partnerstruktur und Gestaltung der Kundenbeziehung. Die kundenorientierte Erstellung und Abwicklung von industriellen Dienstleistungsprodukten stellen neue Herausforderungen für Subprozesse entlang der Wertschöpfungskette dar. Die Netzwerkstrukturen sind ein Schlüsselmerkmal von hybriden Mehrwertdienstleistungen [RP01]. Durch die hohen dynamischen kundenorientierten Varianten von hybriden Dienstleistungsprodukten ergeben sich wechselnde neue Netzwerkkonstellationen. Eine Netzwerkkonstellation eines hybriden Dienstleistungsprodukts kann nicht für andere Dienstleistungsprodukte verwendet werden (siehe Abbildung 56).

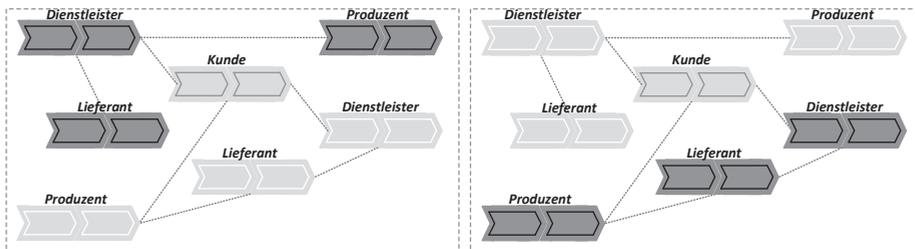


Abbildung 56: Unterschiedliche Konstellationen von industriellen Dienstleistungsnetzwerken [BS11, BST11]

4.4 Standardisierung in der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung

Die Realisierung von Interoperabilität im E-Business erfolgt durch die Einigung auf gemeinsame Darstellungskonventionen, auf *Standards* [SFS+10]. Nach Backhaus [Ba03] lassen sich Standards in *De-facto-Standards* und *De-jure-Standards* unterscheiden. Standards, die nicht auf der Basis rechtlicher Vereinbarungen, sondern als Folge einer zunehmenden Marktbeherrschung zustande kommen, werden als *De-facto-Standards* (*technische Standards*, *Industriestandards*) bezeichnet. Sie entstehen, wenn Bausteine eines Systems oder ganze Systeme so verbreitet sind, dass von einer Bindung der Kunden an ein bestimmtes System gesprochen wird. Nach einer Studie¹⁰¹ von Hübbers et al. [HRB07] geht der Trend zur verstärkten Standardisierung im Bereich Dienstleistungen. Die Nutzung bereits bestehender Standards, der Wunsch nach weiteren Standards und die Bedeutung von

¹⁰¹ Die Studie *Status quo der Dienstleistungsstandardisierung* wurde vom Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) im Jahr 2007 durchgeführt. Ziel der Studie war die Darstellung des Status Quo und der Potenziale der Dienstleistungsstandardisierung im B2B-Bereich. Insgesamt nahmen ca. 90 Unternehmen aus verschiedenen Branchen an der Studie teil.

Dienstleistungsstandards im Rahmen der Internationalisierung des Dienstleistungsgeschäfts nehmen zu. Durch Dienstleistungsstandards werden die Voraussetzungen für den elektronischen Einkauf erfüllt [Sc03b]. So lassen sich die folgenden Thesen bestätigen [HRB07]:

- Es besteht ein statistischer Zusammenhang zwischen der Bedeutung von Standards und der Präsenz der Unternehmen auf den verschiedenen internationalen Märkten. Je höher die Präsenz und Aktivität in den Märkten ist, desto bedeutender sind Standards für die Unternehmen.
- Die Nutzung sowie der Bedarf nach weiteren Dienstleistungsstandards nehmen zu.
- Erfolgreiche Unternehmen nutzen mehr Dienstleistungsstandards und besitzen ein umfangreicheres Verständnis bzgl. Standardisierungsbarrieren und -potenziale.
- Erfolgreiche Unternehmen messen Normen und Standards im Dienstleistungsbereich eine höhere Bedeutung im Rahmen der Internationalisierung bei.
- Erfolgreiche Unternehmen nutzen durchschnittlich mehr Standards und haben einen größeren Bedarf an weiteren Standards für Inhalte und Erbringungsprozesse von Dienstleistungen.
- Bei der Entwicklung und Durchsetzung von internationalen Standards stehen die Unternehmen weiterhin vor Schwierigkeiten. Vor allem administrative Hürden, kulturelle Barrieren, unterschiedliche Marktstrukturen und Gesetzesvorgaben sind von Bedeutung.
- Erfolgreiche Unternehmen messen den genannten Hemmnissen bei der Entwicklung und Durchsetzung internationaler Standards mehr Bedeutung bei.

Nach Schoop [Sc03a] ist noch keine ausreichende elektronische Unterstützung des Gesamteinkaufsprozesses von Dienstleistungen vorhanden. Als große Beeinträchtigung werden fehlende Dienstleistungsstandards für das E-Business genannt. Neben Geschäftsdokumenten für den Datenaustausch sind beispielsweise normale Abläufe, Ausnahmen, Fehlerbehandlungen zu spezifizieren und mit den Partnern zu vereinbaren [SFS+10]. Die Verwendung von Standards für eine Service Chain-Integration unterstützt die Wertschöpfungskette durch erhöhte Planungsqualität, reduzierte Lagerbestände und verbesserte Liefergenauigkeit von Herstellern, Lieferanten und Zwischenhändlern. Sie vereinfacht die Integration von Handelspartnern (positive *Netzwerk-Effekte*¹⁰²) durch die Einigung über gemeinsame Abläufe. Die B2B-Integration verbessert auch für kleinere Unternehmen die Geschäftsabläufe durch die erhöhte Akzeptanz eines Standards und die dadurch steigende Anzahl verwendender Unternehmen.

4.4.1 Elektronische Dienstleistungsbeschaffung

Neue Formen und Ausprägungen in der Beschaffung ermöglicht das *Electronic Business* (*E-Business*) über die Nutzung elektronischer Produktkataloge, elektronischer Ausschreibungen und elektronischer Auktionen. Durch den Einsatz von E-Business-Lösungen zur Unterstützung der strategischen und operativen Beschaffung können Kosten und Beschaf-

¹⁰² Ein spezifisches Merkmal von Netzwerken allgemein ist darin zu sehen, dass ihr Wert mit jedem zusätzlichen Nutzer steigt.

fungsprozesse deutlich verbessert und Wettbewerbsvorteile realisiert werden [St08]. Die *elektronische Beschaffung* ist Bestandteil des *E-Business*. E-Business befasst sich mit Gestaltungsfragen in Unternehmen auf dem Hintergrund der Nutzung von Entwicklungen und Möglichkeiten elektronischer Gestaltungskonzepte. Nach Bächtle und Lehmann [BL10], Meier und Stormer [MS08b], Kollmann [Ko09a] und Picot et al. [PRW03] steht *E-Business* als Oberbegriff für den gesamten automatisierten elektronischen Datenaustausch in und zwischen Unternehmen durch die Ausführung von automatisierten elektronischen Geschäftsprozessen unter Nutzung von Informationstechnologien. E-Business bezieht sich auf die Informations-, Kommunikations- und Transaktionsphasen von kollaborativen Geschäftsprozessen zwischen Marktteilnehmern, wird im Kontext von Transaktionen mit Unternehmen (B2B) betrachtet und dient der elektronischen Wertschöpfung entlang der gesamten elektronischen Wertschöpfungskette. Es ist der Sammelbegriff für sämtliche durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) unterstützte Leistungsaustauschprozesse [Sa07]. E-Business schließt sämtliche geschäftlichen Aktivitäten ein, die über elektronische Netze abgewickelt werden. *E-Commerce* erfasst die elektronische Unterstützung von Aktivitäten, die mit dem Verkauf und Kauf von Gütern und Dienstleistungen über elektronische Netze in Verbindung stehen. Er ist auf die transaktionsbezogene Seite der Wertschöpfungskette fokussiert [MS08b]. Elektronische Prozesse zur Unterstützung der Zahlungsabwicklung und die Steuerung des Cashflows werden als *E-Payment* bezeichnet. Die Suche nach Bezugsmöglichkeiten (Lieferanten) für die Beschaffung über elektronische Prozesse fällt unter *E-Sourcing*. *Aktives* E-Sourcing ist die gezielte Suche nach Bezugsmöglichkeiten, *passives* E-Sourcing die Kontaktmöglichkeit für Lieferanten auf der Webseite einer einkaufenden Organisation [Ko09a].

Unter *E-Procurement* wird die Nutzung internetbasierter IKT zur elektronischen Unterstützung und Optimierung des gesamten Beschaffungszyklus verstanden. Die traditionelle Form der Beschaffung setzt sich mit einer Vielzahl an Herausforderungen auseinander. Stoll [St07a] nennt exemplarisch eine Fokussierung auf den operativen Bereich, manuelle, papierbasierte Prozesse, Medienbrüche sowie Beschaffung außerhalb verhandelter Verträge. Die Technologien des E-Procurements bewältigen diese Herausforderungen. E-Procurement stellt die operative Abwicklung aller Beschaffungsaktivitäten dar und schließt als Teil des E-Business darüber hinaus die elektronische (Internet-/Intranet-Extranet)-Abwicklung der internen Prozesse ein [Mo05]. Konkrete Ausprägungen und Anwendungen von E-Procurement sind *Electronic Shops (E-Shops)*, *Electronic Marketplaces (E-Marketplace)*, *Electronic Communities (E-Community)* und *Electronic Company (E-Company)*. Eine Differenzierung der Beschaffung wird in der Literatur häufig durch die beteiligten Akteure vorgenommen. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Interaktion innerhalb des Unternehmenssektors (*Business-to-Business (B2B)*). Aus der Perspektive der Wertschöpfungskette wird unterschiedlich argumentiert. *E-Procurement* grenzt sich von *Electronic Sales (E-Sales)* ab. E-Sales bezieht sich auf den Verkaufsprozess. Es ist jedoch nur eine Frage der Perspektive, da es sich bei der Beschaffung und dem Verkauf je nach Beteiligten um einen identischen Tauschakt handelt. Die Verwendung des Begriffs *E-Procurement* verweist darauf, dass aus der Sicht des Bedarfsträgers (Kunde) argumentiert wird [Ar03, Sa07]. Nach Wannewetsch et al. [Wa07, Wa10a, WN04] ergeben sich durch E-Procurement die folgenden Verbesserungen:

- *Beschaffungskosten*: Reduktion der Prozesskosten, Einstandspreise, Beschaffungsprozesskosten, Lagerkosten, Ausfallzeiten, Personalkosten und Logistikkosten
- *Beschaffungssicherheit*: Erhöhung der Liefertreue und Lieferquellen und Verbesserung der Informationsdistribution und des Beschaffungscontrollings
- *Beschaffungszeit*: Reduktion der operativen Beschaffungsprozesszeit und der strategischen Beschaffungszeit sowie Verkürzung der Informations- und Kommunikationsdistributionszeiten
- *Beschaffungsflexibilität*: Reallokation der personellen Ressourcen und Flexibilisierung der Informations- und Kommunikationsdistribution und der Lieferantenbasis
- *Beschaffungsqualität*: Erhöhung der Beschaffungsobjektqualität, der Informationsqualität und der Qualität der Beschaffungstätigkeiten sowie Reduktion der Erfassungsfehler
- *Beschaffungsbeziehungen*: Verbesserung des Lieferantenmanagements, der Lieferantenkommunikation und Intensivierung der Lieferantenbeziehungen

Zur näheren Bestimmung des Begriffs der elektronischen Beschaffung existieren zahlreiche Definitionen. Nach Wirtz und Eckert [WE01] kann die elektronische Beschaffung (E-Procurement) als „*Integration der [neuen] Informations- und Kommunikationstechnologie zur Unterstützung der operativen Tätigkeiten sowie der strategischen Aufgaben in den Beschaffungsbereichen von Unternehmen*“ definiert werden. Sowohl Meier und Stormer [MS08] als auch Wannewetsch [Wa10a] definieren E-Procurement übereinstimmend als Beschaffung über elektronische Kommunikationsnetze bzw. elektronische Medien. Da die vorgestellten Grundlagen der Beschaffung für Dienstleistungen und Produkte gleichermaßen gültig sind, wird die *elektronische Dienstleistungsbeschaffung (Service E-Procurement)* allgemein in Anlehnung an Meier und Stormer [MS08] definiert:

Definition 4.6: *elektronische Dienstleistungsbeschaffung (Service E-Procurement)*

Die *elektronische Dienstleistungsbeschaffung (Service E-Procurement)* unterstützt die Beschaffung von Dienstleistungen durch elektronische Geschäftsprozesse (E-Business-Prozesse). Service E-Procurement umfasst strategische und operative Elemente des elektronischen Prozessmanagements von Dienstleistungen.

E-Procurement ermöglicht den elektronischen Einkauf von Produkten bzw. Dienstleistungen durch ein Unternehmen über elektronische Netzwerke. Innerhalb der Unternehmen leistet der IT-Einsatz eine Verbesserung der Kosten- und Leistungsposition und schafft effizientere Prozesse. Der IT-Einsatz hat einen substituierenden Charakter: Bestehende Prozesse werden durch den Einsatz von Technologie effizienter ausgestaltet. Neue Prozesse entwickeln sich aufgrund veränderter Informations-, Kommunikations- und Transaktionsmechanismen, die eine Effektivitätssteigerung bewirken [MS08]. Die notwendigen Bausteine Information, Kommunikation und Transaktion werden zwischen den beteiligten ökonomischen Partnern über digitale Netzwerke transferiert bzw. abgewickelt. Damit erfolgt eine Integration der IKT zur Unterstützung bzw. Abwicklung von operativen und strategischen Beschaffungsaktivitäten in der Beschaffung. Neben der Produktions- und Absatzfunktion ist die Beschaffung einer der Hauptbereiche betrieblicher Planung und

Leistungserstellung. Die Integration innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien erfolgt zur Unterstützung bzw. Abwicklung von operativen, taktischen und strategischen Aufgaben im Beschaffungsbereich [Ko09a].

Zu den Bereichen der strategischen, taktischen und operativen Beschaffung zählen die folgenden Hauptaktivitäten des Prozessmanagements für die elektronische Beschaffung (siehe Abbildung 57):

- *strategische Beschaffung*: Elektronische Systeme unterstützen das Lieferanten- und Produktportfolio. Die strategische Beschaffung trägt die Produktsegment- und unternehmensübergreifende Verantwortung für alle beschaffungsbezogenen Prozesse, beschaffungsstrategischen Entscheidungen und IT-Entscheidungen.
- *taktische Beschaffung*: Eine elektronisch gestützte Beschaffungsmarktanalyse unterstützt den taktischen Einkauf durch elektronische Anfragen, Unterstützung von Portalen und Plattformen. Durch eine schnelle Bereitstellung von Informationen durch Internettechnologien wird eine erhöhte Markttransparenz ermöglicht.
- *operative Beschaffung*: Die operative Beschaffung dient der Transaktionsunterstützung durch E-Procurement-Systeme. Die Prozesse der Bestell- und Zahlungsunterstützung werden automatisiert. Dazu zählen auch die Automatisierung des Sourcing, Genehmigungen, Bestellanforderungen und Bestellungen, Lieferung und Empfang, Rechnungsprüfung und Bezahlung. Die Aufgaben der Einkaufsabteilung in den Teilprozessen sind nur noch von unterstützender Natur.



Abbildung 57: Hauptaktivitäten des Prozessmanagements in der elektronischen Beschaffung (in Anlehnung an [Ko09a])

Appelfeller und Buchholz [AB11] definieren fünf typische Varianten elektronischer, operativer Beschaffungsprozesse:

- I. *suboptimale Beschaffung*: Bei der suboptimalen Beschaffung wird die Einkaufsabteilung für das Auslösen einer Bestellung eingesetzt. Informationen werden papierbasiert intern sowie unternehmensübergreifend übertragen.
- II. *konventionelle Beschaffung ohne Integration des Lieferanten*: Der Abruf einer Bestellung wird von Lager- oder Fachabteilungsmitarbeitern durchgeführt. Informati-

onen werden papierbasiert oder per Fax übertragen. Eine Rechnungsprüfung findet außerhalb eines Informationssystems statt. Die Geschäftsprozesse von Kunden und Lieferanten sind nicht integriert.

- III. *konventionelle Beschaffung mit Vollintegration des Lieferanten*: Informationen werden durch EDI-Verfahren übertragen. Die Geschäftsprozesse von Kunden und Lieferanten sind verknüpft. Der monetäre Leistungsausgleich des Kunden erfolgt durch das Gutschriftverfahren.
- IV. *internetbasierte Beschaffung mit partieller Integration des Lieferanten*: Kunde und Lieferant sind über ein Portal integriert und haben Zugriff auf Bestände, Bedarfe, Bestellungen etc. Bei partieller Integration des Lieferanten werden Beschaffungsdaten heruntergeladen und in die Informationssysteme des Lieferanten eingebracht. Bei einer erweiterten Integration werden diese Daten automatisiert übernommen.
- V. *internetbasierte Beschaffung mit Vollintegration des Lieferanten*: Die Geschäftsprozesse von Kunden und Lieferanten sind vollständig integriert. Beschaffungsdaten werden über XML-basierte Datenaustauschformate ausgetauscht. Der monetäre Leistungsausgleich des Kunden erfolgt durch das Gutschriftverfahren.

Im Fokus dieser Arbeit steht die *elektronische Beschaffung von industriellen Dienstleistungen* mit dem Ziel der internetbasierten Beschaffung mit Vollintegration des Lieferanten.

4.4.2 Elektronische Handelbarkeit von Dienstleistungen

Der elektronische Handel mit Dienstleistungen¹⁰³ verspricht einen starken Anstieg des Dienstleistungshandels, der immer noch dem Handel mit Sachgütern nachsteht [Wö05]. Die Beschreibbarkeit von Leistungen ist eine elementare Voraussetzung für den Handel mit Dienstleistungen in der Beschaffung. Die *elektronische Abbildbarkeit* von industriellen Dienstleistungen ist die Voraussetzung, um Dienstleistungen elektronisch in Geschäftsprozessen zu beschreiben und einzubinden. Der Begriff der elektronischen Abbildbarkeit bezeichnet die Darstellung aller wesentlichen Eigenschaften einer Dienstleistung in einem Informationssystem, wie z. B. Maße, notwendige Inputfaktoren, Quantität usw.. Die vollständige Darstellung in Systemen schafft die Grundlage für eine detaillierte Erfassung in einem Warenwirtschaftssystem und garantiert eine Weiterverarbeitung ohne Medienbrüche [MB09]. Die elektronische Produkteignung ist von mehreren Faktoren abhängig, die im Ergebnis das *E-Potenzial*¹⁰⁴ eines Produkts bestätigen [BF00]. Ziel der elektronischen Handelbarkeit von Dienstleistungen ist ein elektronischer unternehmensübergreifender Datenaustausch. Ein einheitlicher Datenaustausch wird durch eine semantische und syntaktische Harmonisierung dispositiver Daten erreicht. Die Heterogenität der elektronischen Beschreibungen von Dienstleistungen erfordert eine Harmonisierung der operativen Daten-

¹⁰³ Die Digitalisierung von Dienstleistungen werden auch in reinen Software Services gesehen, so genannte *E-Services*. Software Services bzw. E-Services sind als Evolution des Hosting und Netzwerk-Geschäfts zu betrachten.

¹⁰⁴ Das *E-Potenzial* beschreibt den Grad, zu dem Produkte mit ihren gegebenen Eigenschaften elektronisch gehandelt werden. Um das E-Potenzial zu erfassen und die Beschreibbarkeit von Dienstleistungen zu untersuchen, bieten die Analyseverfahren *ABC-Analyse* und *XYZ-Analyse* an, die durch die Gütereinteilung ergänzt werden [St08].

strukturen durch die Verwendung einheitlicher Datenformate. Externe Faktoren sind bei der Handelbarkeit von Dienstleistungen einzubeziehen. Die Interaktion mit dem Kunden bildet eine wichtige Voraussetzung für die Beschaffung von Dienstleistungen im Gegensatz zur Materialbeschaffung. Die Integration von Objekten schließt die externen Objekte ein, an denen industrielle Dienstleistungen ausgeführt werden, und die bei der Ausführung verwendeten Güter. Diese Objekte fließen als externe Produktionsfaktoren in den Erbringungsprozess ein [MF08].

4.4.2.1 Modularisierung von Dienstleistungen

Die Modularisierung intendiert, Systeme aus einzelnen Teilsystemen zusammzusetzen und u. a. anpassungsfähiger zu machen, da Module eine spezifische Funktionalität kapseln und mit anderen Teilsystemen nur über definierte Schnittstellen kommunizieren. *Modulare Produktarchitekturen* bestimmen die Aufteilung eines Produkts in möglichst unabhängige, aber untereinander verbundene Module. Nach Ulrich [UI95] beschreibt eine Produktarchitektur ein Schema, durch das die Funktion eines Produkts mit physikalischen Komponenten in Verbindung gebracht wird. Modulare Produktarchitekturen ermöglichen eine flexible Gestaltung von Produkten und neue Formen der Arbeitsteilung zwischen Hersteller und Zulieferunternehmen mit umfassenden Möglichkeiten zur Anpassung des Gesamtprodukts an individuelle Kundenwünsche. Zu den Konstruktionselementen einer Produktarchitektur gehören die Anordnung der funktionalen Elemente des Produkts, das Aufzeigen von Zusammenhängen und die Zuordnung einzelner Produktfunktionen zu physischen Komponenten des Produkts. Dadurch werden Module unabhängig voneinander verändert, lassen sich neu kombinieren, um unterschiedliche Kundenanforderungen zu erfüllen und Trends im Markt zu folgen. Es ist das Ziel der Modularisierung, möglichst eine Unabhängigkeit der Module zu erreichen durch eine weitgehende Reduzierung der Einwirkungen und Eingriffsmöglichkeiten „von außen“. Modular aufgebaute Produkte bieten dort Vorteile, wo sich Anbieter sowohl heterogenen Anforderungen der Kunden als auch heterogenen Inputfaktoren mit unterschiedlichen Lebenszyklen gegenüberstehen [Sc00b]. Die Übertragung des für Sachgüter entwickelten Konzeptes der Produktarchitektur auf Dienstleistungen führt zur Definition der *Dienstleistungs-* bzw. *Servicearchitektur*. Die Servicearchitektur bezeichnet die Dekomposition einer Dienstleistung in Teildienstleistungen. Die Potenziale modularer Dienstleistungsarchitekturen liegen in der Strukturierung von Informationen und Abläufen und in den Optionen für eine Neu- und Weiterentwicklung und Konfiguration von Dienstleistungsprodukten [BC00, Bu00, UI95]. *Modulare Servicearchitekturen* [BLK05] eröffnen damit Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Modulen der Dienstleistungsarchitektur in bestehende und geplante Leistungsangebote, um so Entwicklungskosten zu reduzieren und Skaleneffekte zu erzielen [Bu00, UI95]. Zusammenfassend ergeben sich eine größere Vielfalt an Dienstleistungen und kundenspezifischen Konfigurationen durch Möglichkeit zur Neukombination von Modulen, eine schnellere Entwicklung und Einführung von neuen Dienstleistungen durch Parallelisierung und Wiederverwendung, eine Kostensenkung durch Wiederverwendung von Modulen, die Förderung von Innovation in den Modulen und die Strukturierung von Informationen [BK04b]. Durch die Modularisierung offerieren Dienstleistungsanbieter kombinierbare Baukästen von Dienstleistungen. Die Umsetzung heterogener Kundenanforderungen soll so auf die Kombination

dieser Bausteine verlagert werden. Diese Maßnahmen reduzieren die Komplexität in Einkauf und Vertrieb, weil die nachfragerspezifische Anpassung entfällt oder weniger umfangreich wird. Dadurch gelingt es, die Anpassung stärker auf der Modulebene zu verlagern [BK05].

4.4.2.2 Service Engineering

Eingesetzte Methoden und Modellierungssprachen für die formale Abbildung und Beschreibung von Dienstleistungen in betrieblichen Informationssystemen sind im Bereich der Fachdisziplin *Service Engineering* verortet. Darüber hinaus beschäftigt sich Service Engineering auf der Ebene des Managements mit der Betrachtung gesamter Dienstleistungsentwicklungssysteme innerhalb von Organisationen [FM99]. Der Bedarf nach einer systematischen Entwicklung von Dienstleistungen ergibt sich aus der steigenden Komplexität der Dienstleistungsangebote und einer wachsenden Bedeutung für die Unternehmen [Fä98, ZS06]. Service Engineering befasst sich mit der systematischen Entwicklung und Gestaltung von Dienstleistungen unter Verwendung geeigneter Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeugen [DIN98, FM99]. Es werden methodisch orientierte, ingenieurwissenschaftliche Ansätze auf die Dienstleistungsentwicklung übertragen [BH06, FM99]. Die Anwendung der Ansätze systematischer Dienstleistungsarchitekturen ermöglicht die informationstechnische Repräsentation und Konfiguration von Dienstleistungen [BK02, Bu02]. Das *Service Design* als Teil des Service Engineerings berücksichtigt die *Modularisierung*, *Standardisierung* und *Variantenbildung* von Dienstleistungen [He00]. Individuelle und sich ständige ändernde Kundenanforderungen als äußere Einflüsse fordern eine Individualisierung von Dienstleistungen. Der modulare Aufbau einer Dienstleistung ist dafür eine Voraussetzung. Der Dienstleistungsnachfrager wie der Dienstleistungsanbieter sollen aus vordefinierten Dienstleistungen wählen können. Über eine konfigurierte, kundenspezifische Dienstleistung werden notwendige Ressourcen und Kapazitäten geplant. Die Modularisierung von Dienstleistungen berücksichtigt die Prozess-, Ergebnis- und Potenzialdimension von Dienstleistungen und führt zu abgegrenzten Prozesselementen, die zu kundenindividuellen Prozessen komponiert werden. Der Output von Prozesselementen dient der Modularisierung der *Ergebnisdimension*. Industrielle Dienstleistungen beschreiben materielle (z. B. Pumpe ausgetauscht) und immaterielle (z. B. Produktionsanlage funktioniert wieder) Prozessergebnisse, die auf der modular gestalteten *Prozessdimension* aufbauen. Die *Potenzialdimension* erfasst notwendige Fähigkeiten und die Verfügbarkeit von Ressourcen wie Materialien. Zur Modularisierung von Dienstleistungen entwickelt sich die Standardisierung der Leistungsbeschreibung. Schnittstellen zwischen funktionalen Teilleistungen bzw. Teilelementen von Dienstleistungen werden zu definiert.

Eine systematische Vereinheitlichung von Dienstleistungen erfolgt über die *Standardisierung des Ergebnisses* (spezifiziertes Leistungsversprechen), die *Standardisierung der Leistungserstellungsprozesse* (Abfolge von Aktivitäten), die *Standardisierung der Potenziale* (standardisierte Potenziale) und die *Standardisierung des externen Faktors* [St06]. Standards wie z. B. *STLB Bau*¹⁰⁵ definieren produktneutrale Dienstleistungsbeschreibungen.

¹⁰⁵ *STLB-Bau* wird aufgestellt von Arbeitskreisen des Gemeinsamen Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), in dem rund 700 Experten aus Wirtschaft, Spitzenverbänden und Verwaltung ihr Wissen ein-

Eine Struktur modularer Dienstleistungen berücksichtigt standardisierte Leistungsbeschreibungen und kundenindividuelle Dienstleistungskonfigurationen. Die Entwicklung von Standardschnittstellen die die Voraussetzung für den Austausch von Dienstleistungen und die Bildung von Wertschöpfungsketten in der Dienstleistungsentwicklung [Fä98]. Die *Variantenbildung* erfolgt auf der Grundlage der Konfiguration von kundenindividuellen Dienstleistungen. Die Modularität einer Dienstleistung führt zur Bildung von Dienstleistungsmodulen als vordefinierte Varianten von Dienstleistungen. Das Service Design mit der Modularisierung, Standardisierung und Variantenbildung von Dienstleistungen sind die Grundlage für die Konfiguration von Dienstleistungen.

4.4.2.3 Dienstleistungsbeschreibungssprachen

Ansätze zur formalen Abbildung und Beschreibung von Dienstleistungen für das E-Business werden als *Dienstleistungsbeschreibungssprachen* (*Service Description Languages*) nach ihrer Intension (technische Betrachtung), ihrer Funktionsweise oder Semantik klassifiziert [OBK+12]. Dienstleistungsbeschreibungssprachen, die vorwiegend technische Services beschreiben, basieren auf Service-orientierten Architekturen (SOA) oder bewegen sich im Bereich semantischer Web Services. Dienste werden auf der Basis von Web Services und verwandten Standards wie WSDL mit XML-basierter Repräsentation beschrieben. Die *Unified Service Description Language (USDL)* [OBK+12] richtet sich auf die Beschreibung von Diensten ein, die über das Internet, das „*Internet der Dienste*“, als On-Demand-Applikationen angefordert werden. Sie zielt darauf ab, Dienste um das Mensch-Maschine-Automatisierungs-Kontinuum zu beschreiben, so auch Dienstleistungsarten wie reine Dienstleistungen (Projektmanagement und Beratung), transaktionale und informationsspezifische Dienstleistungen, Softwarekomponenten, digitale Medien und Plattformen [OBK+12]. USDL ist im Umfeld Service-orientierter Architekturen angesiedelt. Die Dienstleistungsbeschreibungssprache besteht aus unterschiedlichen Modulen, die die elektronischen Dienste beschreiben und als Software-as-a-Service (SaaS) den Anwendern zur Verfügung steht. Semantische Web Services werden durch Ontologien wie *OWS-S* [ABH+01] und *WSMO* [RBM+06] ausgedrückt. Eine weitere Klasse von Dienstleistungsbeschreibungssprachen ist auf Business-Aspekten und nicht-funktionalen Eigenschaften von Dienstleistungen fokussiert, die aus der betrieblichen Praxis abgeleitet werden. So bietet die öffentlich verfügbare Spezifikation PAS 1018 [DIN02A] einen Vorschlag für die Beschreibungsstruktur von Dienstleistungen in der Ausschreibungsphase für die Beschaffung. Emmrich [Em05] entwickelt eine Beschreibung von produktbegleitenden Dienstleistungen, die als UML-Klassendiagramme repräsentiert werden. Hermsen [He00] definiert einen ähnlichen Ansatz und beschreibt ein Modell zur kundenindividuellen Konfiguration produktnaher Dienstleistungen. Akkermans et al. [ABG+04] entwickeln eine Ontologie, die die Konfiguration von Leistungsbündeln abbildet.

4.4.3 Elektronische Standardisierung

In E-Business-Abläufen spielt die Integration von Informationssystemen eine wesentliche Rolle. Voraussetzung für eine effiziente und effektive Automatisierung der unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse in Wertschöpfungsnetzwerken ist ein schneller, fehlerfreier und integrierter Datenaustausch zwischen den beteiligten Unternehmen. Geschäftsprozesse sind unternehmensübergreifend abgestimmt und bei der Abwicklung werden die Systeme der Unternehmen die genau definierten Rollen einnehmen. Die Kommunikation zwischen bestehenden Anwendungen der Unternehmen ist durch eine Interoperabilität von Geschäftsdokumenten, Geschäftsprozessen und Nachrichtenübertragungswegen zu realisieren. Die gewünschten Daten liegen maschinenlesbar und strukturiert vor. Unter der Berücksichtigung externer Partner in unternehmensübergreifende Prozesse ist die Verwendung von *E-Business-Standards* sinnvoll für ein gemeinsames Prozessverständnis. E-Business-Standards verstehen sich als gemeinsame durch Syntax und Semantik spezifizierte Sprache für die Vermittlung zwischen heterogenen, nicht interoperablen Informationssystemen. Alternativen zu standardisierten Vorgehensweisen und Datenformaten sind Systeme mit flexiblen Schnittstellen oder Konvertern. E-Business-Standards werden im Kontext von kollaborativen unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen und dem unternehmensübergreifenden Datenaustausch gesehen [BU01]. Schleife et al. [SFS+10] definieren E-Business-Standards als alle Arten von multilateralen Vereinbarungen über das Format der für Geschäftsbeziehungen relevanten elektronischen Daten, Dokumente und Datenaustauschprozesse. Die in dieser Arbeit verwendete Definition und das Verständnis von *E-Business-Standards* lehnen sich an die Definition von Schleife et al. [SFS+10] an:

Definition 4.7: *E-Business-Standard*

E-Business-Standards stellen eine Vereinbarung zwischen verschiedenen partizipierenden Parteien im E-Business dar, um E-Business-Transaktionen über unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse und den elektronischen Datenaustausch entlang der gesamten elektronischen Wertschöpfungskette zu vereinheitlichen.

Um E-Business und E-Business-Transaktionen in verteilten Netzwerken umzusetzen sowie elektronische Geschäftsprozesse und elektronischen Datenaustausch zu realisieren, sind Integration und Harmonisierung von Systemen und Daten notwendig. Vor allem für langfristige Kollaborationen von Geschäftspartnern und die Nachhaltigkeit werden einheitliche Rahmenvereinbarungen getroffen. Die Nutzung elektronischer Geschäftsprozesse für die Abwicklung von Transaktionen bewirkt eine nachhaltige Reduzierung der Kosten, die mit der Transaktion verbunden sind. Die wesentliche Aufgabe von Standards im E-Business ist die exakte Festlegung, auf welche Art und in welcher Form Daten zwischen beteiligten Systemen ausgetauscht werden. Sie liefern ein Regelwerk für die Kommunikation zwischen Geschäftspartnern [Pr08]¹⁰⁶. E-Business-Standards beziehen Schnittstellen entlang

¹⁰⁶ Laut einer Studie von Berlecon Research [Sc10b] sehen 42 Prozent der Unternehmen beschleunigte Geschäftsprozesse, 43 Prozent eine verbesserte Datenqualität und 11 Prozent reduzierte Kosten als realisierte Vorteile aus dem Einsatz von E-Business-Standards. Insgesamt ist der Einsatz von Standards jedoch ausbaufähig, wobei eine große Schere beim Einsatz von Standards zwischen großen und kleinen Unternehmen existiert.

der gesamten elektronischen Wertschöpfungskette ein, standardisieren die elektronische Kommunikation und die Schnittstellen Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und Mensch-Maschine-Kommunikation.

Schleife et al. [SFS+10] schlagen ein *E-Business-Schichtenmodell* vor, das eine *fachliche* und *technische* Unterteilung von E-Business-Bereichen und E-Business-Standards als Systematisierungskriterium vornimmt (Abbildung 58).

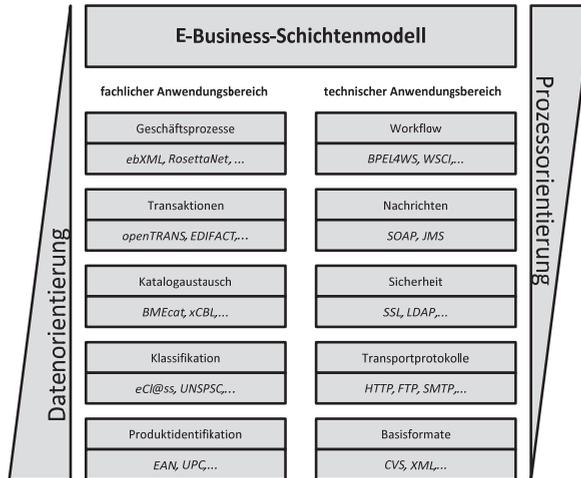


Abbildung 58: E-Business-Schichtenmodell mit fachlichem und technischem Anwendungsbereich [SFS+10]

Fachliche Standards basieren auf den technischen Standards und konkretisieren kaufmännische und wirtschaftliche Aspekte. E-Business-Standards lassen sich in einer fachlichen Unterteilung systematisieren in *branchenübergreifende (horizontale)* Standards, die für alle Branchen einsetzbar sind, und *branchenspezifische (vertikale)* Standards, die die spezifischen Informationen oder Dokumente bestimmter Wirtschaftsbereiche abbilden. Ein weiteres Systematisierungskriterium betrifft den *Gegenstand* der Standardisierung wie prozess-, daten- und kommunikationsorientierte Standards. Technische Standards abstrahieren von spezifischen Anwendungsfeldern und sind fast überall einsetzbar. Für das E-Business sind im Wesentlichen die technischen Standards CSV¹⁰⁷, EDIFACT¹⁰⁸ und XML-Formate relevant. Fachliche E-Business-Standards lassen sich in die folgenden Standardkategorien klassifizieren:

- *Prozessstandards (Automatisierung komplexer Geschäftsabläufe)*: Prozessstandards sorgen für ein gemeinsames Verständnis und sind Schablonen häufig wiederkehrender Vorgänge und Abläufe. Sequenzen von Nachrichten und Beziehungen kom-

¹⁰⁷ Das Daten- bzw. Textformat *Comma-Separated Values (CSV)* beschreibt den Aufbau einer Textdatei zur Speicherung oder zum Austausch einfach strukturierter Daten. In CSV-Dateien können Tabellen oder Listen abgebildet werden [IETF12].

¹⁰⁸ *Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Trade (EDIFACT)* ist ein branchenübergreifendes, internationales Standard-Datenformat zur Beschreibung von Daten und seit 1988 ein ISO9000-Standard (ISO 9735 [ISO02]). Im EDIFACT-Standard sind über 200 Nachrichtentypen mit jeweils festgelegter Syntax und Semantik definiert.

plexer Abläufe sowie die Abbildung einzelner Nachrichten oder Dokumente werden festgelegt. Prozessstandards sind dazu vorgesehen, Geschäftsprozesse zu strukturieren und zu automatisieren.

- *Transaktionsstandards (automatisierter Austausch von Geschäftsdokumenten)*: Transaktionsstandards dienen dem standardisierten und reibungsfreien Austausch von Geschäftsdokumenten für eine einheitliche, papierlose, automatisierte Kommunikation zwischen verschiedenen Geschäftspartnern [Bu03].
- *Katalogaustauschformate (elektronische Bereitstellung von Produkt- bzw. Dienstleistungsdaten)*: In Produktkatalogen werden Produkte und Leistungen gebündelt und mit Geschäftspartnern ausgetauscht. Der Austausch von Produktdatenkatalogen zwischen Lieferanten und Kunden wird definiert.
- *Klassifikationsstandards (einheitliche Beschreibung von Produkten bzw. Dienstleistungen)*: Klassifikationssysteme dienen der Klassifikation von Produkten und Dienstleistungen (Produktklassifikation und Dienstleistungsklassifikation). Klassifikationsstandards sind bspw. *ElektroTechnisches InformationsModell (ETIM)*¹⁰⁹, *profcI@ss*¹¹⁰, *bau:class*¹¹¹, *PROLIST INTERNATIONAL e. V.*¹¹², *Global Product Classification (GPC)* und *eOTD*¹¹³.
- *Produktidentifikationsstandards (Identifikation von Gütern)*: Produktidentifikationsstandards unterstützen die eindeutige und vor allem unternehmensübergreifende Identifikation von Produkten, Waren und Dienstleistungen sowie von Unternehmen. Produktidentifikationsstandards sind bspw. *GTIN*¹¹⁴, *GLN*¹¹⁵, *RFID*¹¹⁶ und *DUNS*¹¹⁷.

¹⁰⁹ Das *ElektroTechnische InformationsModell (ETIM)* ist ein vertikales, hybrides Klassifikationssystem mit einer hierarchischen Struktur und einer Ansammlung von Merkmalen für jede Klasse und wurde für den Elektro-Großhandel konzipiert [ETIM12].

¹¹⁰ *profcI@ss* ist eine unabhängige Initiative des Vereins *profcI@ss international e. V.* und stellt ein einheitliches Klassifikationssystem zur Produktklassifikation verschiedener Branchen aus den Bereichen Bau, Industrie und Handel dar. *ProfcI@ss* ist hybrides horizontales Klassifikationssystem und ist eng verbunden mit den Klassifikationssystemen *eCI@ss*, *ETIM* und *UNSPSC [PC12]*.

¹¹¹ *bau:class* ist ein von der Industrie (f.data GmbH) entwickeltes hierarchisches vertikales Klassifikationssystem, das auf Bauprodukte der Bauindustrie gerichtet ist. *Bau:class* definiert einen neutralen Artikelkatalog und orientiert sich konform an den Standards von GAEB und STLB-Bau [FD12].

¹¹² *PROLIST INTERNATIONAL e. V.* ist ein Verein mit dem Ziel der Entwicklung und Definition von Merkmalen und Merkmalsleisten für Geräte aus dem Bereich Elektro- und Prozessleittechnik in der Prozessindustrie. *PROLIST* spricht die Namur-Empfehlung *NE 100* aus, die in der aktuellen Version 3.2 vorliegt [PR12].

¹¹³ Das *ECMA Open Technical Dictionary (eOTD)* dient als Mapping-Tabelle zwischen Klassifikationsstandards und soll die Stammdatenqualität und ihre Beschreibungen verbessern. Als Wörterbuch definiert *eOTD* Klassen, Eigenschaften, Maßeinheiten, Währungen und standardisierte Einheiten [Be12].

¹¹⁴ Die *Global Trade Item Number (GTIN)* ist eine von der GS1 verwaltete und vergebene Identifikationsnummer, mit der Sachleistungen eindeutig identifiziert werden [GS1a].

¹¹⁵ Die *Global Location Number (GLN)* identifiziert Adressinformationen eines Unternehmens [GS1b].

¹¹⁶ *Radio Frequency Identification (RFID)* identifiziert Objekte mittels elektromagnetischer Wellen [ISO11b].

¹¹⁷ *Data Universal Numbering System (D-U-N-S)* definiert einen Zahlencode, der eine einheitliche und eindeutige Identifizierung der registrierten Unternehmen gewährleistet und von Dun & Bradstreet entwickelt und gepflegt wird [DB12].

4.4.4 E-Business-Standards in der Dienstleistungsbeschaffung

Zentrale Elemente für die elektronische Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenstrukturen in der Dienstleistungsbeschaffung bilden die E-Business-Standards *Prozessstandards*, *Transaktionsstandards*, *Katalogaustauschformate* und *Klassifikationsstandards* [HW10a, HW10b, HW11]. Sie spiegeln sich in der wissenschaftlichen Literatur wider und finden in der betrieblichen Praxis Anwendung. Fachliche E-Business Standards werden den Beschaffungsphasen in der elektronischen Beschaffung zugordnet [St08]. Kernelement der *Vereinbarungsphase* ist der elektronische Produktkatalog (Katalogmanagement) und die Beschreibung von Leistungsverzeichnissen. In dieser Phase ist zunächst die elektronische Beschreibung der Leistungen vorzunehmen und das einheitliche Format zu bestimmen, damit Leistungen transaktionierbar bzw. handelbar sind. Klassifikationssysteme bilden Grundelemente für die eindeutige Beschreibung und Zuordnung von Produkten und Dienstleistungen sowie der Suche nach ihnen. Die Vereinbarungsphase spiegelt die Verhandlung mit den potenziellen Lieferanten und deren Angebote durch die Bereitstellung der Leistung in Katalogsystemen und Portalen wider. In der *Abwicklungsphase* erfolgt der Austausch von Geschäftsdokumenten und Transaktionsdaten wie Lieferschein, Rechnung etc.. Schnittstellenbeschreibungen dienen der Integration von Informationssystemen und dem einheitlichen Austausch von Daten. Im Folgenden werden relevante fachliche E-Business-Standards im Service E-Procurement-Umfeld vorgestellt, die für die elektronische Beschaffung eine wichtige Voraussetzung bilden.

4.4.4.1 Prozessstandards

Der Prozessstandard *eBusiness XML (ebXML)* [OASIS00] definiert einen kompletten Satz von XML-basierten Standards, die zusammen die Spezifikation für eine technische Infrastruktur für elektronische Geschäftsbeziehungen zwischen Businesspartnern darstellen. ebXML wird als Standard von den Gremien UN/CEFACT und OASIS gepflegt und ist ein Framework, das die Entwicklung von Modellen ermöglicht, um geschäftliche Aktivitäten abzubilden. Diese Modelle werden von den Nutzern in Repositories zur Verfügung gestellt, damit potenzielle Partner dort gemeinsam nutzbare Szenarien auffinden. ebXML baut auf der Geschäftsprozessmodellierung (BPM), Objektorientierung, den gemeinsamen Geschäftsobjekten, auf UML, der *UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM)* [Hu11] und XML auf und wird für automatisierten B2B-Datenaustausch verwendet. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) und dem *ebXML Business Process Specification Schema (BPSS)* (siehe Abbildung 59) [OASIS06b]. ebXML BPSS, ein Teil-Standard für die Definition einer Sprache und für die Konfiguration von partnerübergreifenden Geschäftsprozessen, definiert eine Vielzahl von *standardisierten und erweiterbaren Geschäftstransaktionsmustern* (Referenzprozesse) in einem so genannten *Catalog of Common Business Processes*.

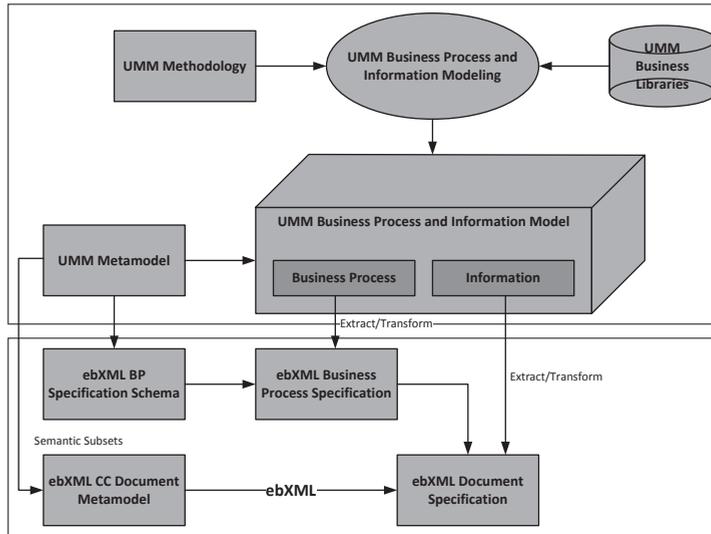


Abbildung 59: UMM Metamodel und ebXML Business Process Specification Schema (BPSS) [OASIS01]

Der Prozessstandard *Rosetta.Net* [GS1f] ist ein Industriestandard, der ein Framework aus einzelnen Dokumenten zur Verfügung stellt. Er erlaubt es einzelnen Firmen, die Interoperabilität (Fähigkeit zur Zusammenarbeit von verschiedenen Systemen, Techniken oder Organisationen) der Geschäftsprozesse über die globalen Wertschöpfungsketten zu erhöhen. Das Rosetta.Net-Framework setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen: *Rosetta.Net Implementation Framework* (Beschreibung von Protokollen zwischen Geschäftspartnern), *Partner Interface Process (PIP)* (System-zu-System-Prozesse mittels XML-Dokumente) sowie *Product and Partner Codes* (Identifikations- und Klassifikationssysteme für Unternehmen) [GS1f].

4.4.4.2 Transaktionsstandards

Der Transaktionsstandard *myOpenFactory* wurde für den Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus entwickelt, weil dort eine heterogene IT-Systemlandschaft die Projekt- und Auftragsabwicklung erschwert. Er definiert einen Prozess- und Datenstandard für den elektronischen Datenaustausch zwischen verschiedenen ERP-/PPS-Systemen zu Koordinationszwecken und wurde als PAS 1074 [DIN07] durch das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) veröffentlicht. *myOpenFactory*-Standard ist ein standardisiertes *Prozess- und Datenmodell*. Das Prozessmodell beschreibt einen für die Auftragsabwicklung im Maschinen- und Anlagenbau typischen Geschäftsprozess mit den Phasen *Angebotseinholung* und *Leistungserbringung* sowie *Prüfung und Rechnungserstellung*, das Datenmodell die Datenstrukturen und -inhalte der einzelnen im Prozessmodell identifizierten Dokumenttypen. Der Transaktionsstandard *openTRANS* [Fr12] wurde von namhaften Industrieunternehmen unter der Federführung des Fraunhofer IAO entwickelt und liegt aktuell in der Version *openTRANS 2.0* vor. Das Ziel der *openTRANS*-Initiative ist die Entwicklung standardisierter elektronischer Geschäftsdokumente als Grundlage einer elektronischen System-zu-System-Kommunikation [Fr12]. Als eine Besonderheit des *openTRANS*-Standards gilt die

Kompatibilität zum Katalogaustauschformat *BMEcat* [BM12]. So verwenden beide Standards einheitliche Strukturen und Semantik sowie einen einheitlichen Aufbau der Spezifikationen. Der Transaktionsstandard *Universal Business Language (UBL)* wurde vom Standardisierungsgremium OASIS entwickelt und liegt aktuell in der Version 2.0 vor [OAS106]. UBL 2.0 definiert XML-Komponenten mit 31 Schemata für Geschäftsdokumente. Das Ziel des XML-basierten Standards ist die Entwicklung eines standardisierten und branchenübergreifenden Austauschformats für Geschäftsdokumente. UBL greift auf eine Bibliothek von sogenannten *Business Information Entities (BIEs)* zu, die wiederwendbare und häufig benötigte Datenkomponenten beschreiben [OASIS06c]. Der Transaktionsstandard *Gemeinsame Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB)* [GAEB09] setzt sich das Ziel, den Einsatz der Datenverarbeitung im Bauwesen unter Berücksichtigung von technischen Regelwerken der DIN und der VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen) zu fördern. GAEB standardisiert und überwacht die Leistungsbeschreibungen für Dienstleistungen in den Bereichen Neubau, Instandhaltung und Sanierung mit den Hauptaufgaben der Erstellung und Überarbeitung eines Standardleistungsbuchs für den Baubereich. Zu diesem Zweck bietet GAEB standardisierte Texte zur Beschreibung von Bauleistungen und Regelwerken für den elektronischen Austausch von Bauinformationen sowie zum Aufbau von Leistungsverzeichnissen und Verfahrensbeschreibungen für elektronische Bauabrechnungen [GAEB09]. *GAEB DA XML (GAEB Datenaustausch XML)* basiert auf XML und ist eine Weiterentwicklung der vorherigen, textbasierten Datenaustauschformate wie bspw. GAEB 90 und GAEB 2000 (siehe Abbildung 60).

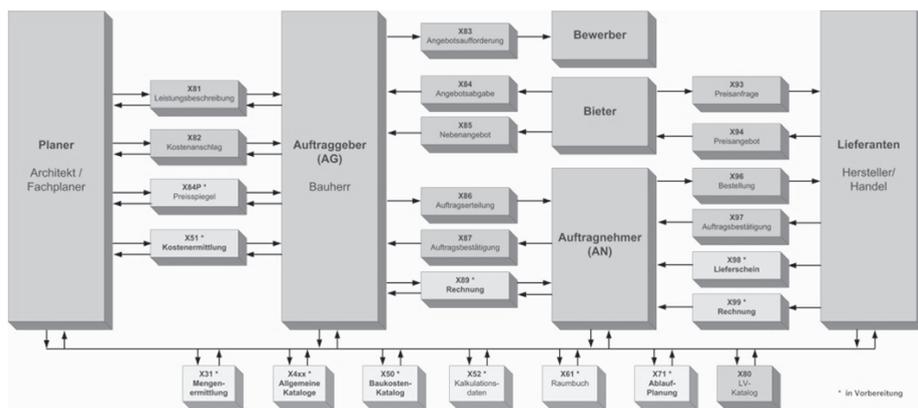


Abbildung 60: GAEB DA XML Datenaustauschphasen [GAEB09]

Das Ziel von GAEB DA XML ist die Schaffung eines einheitlichen Standards zum Austausch von Bauinformationen und die Unterstützung aller Anforderungen, die an elektronische Prozesse zur Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung bei der Durchführung von Baumaßnahmen gestellt sind [GAEB09]. Es werden durch typische Austauschprozesse (Geschäftsprozesse) durch so genannte *Datenaustauschphasen*¹¹⁸ identifiziert.

¹¹⁸ *Datenaustauschphasen* werden durch ein Nummernsystem identifiziert, wie bspw. D81 oder X81. D81 steht für eine Leistungsbeschreibung auf der Basis von GAEB 90, X81 für eine Leistungsbeschreibung auf der Grundlage von GAEB DA XML.

4.4.4.3 Katalogaustauschformate

Ein im deutschsprachigen Raum populäres Katalogaustauschformat ist *BMEcat* [UB12]. Es wurde durch den Bundesverband *Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e. V.* (BME) sowie das *Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation* (IAO) veröffentlicht und liegt aktuell in der Version 2005 vor. BMEcat definiert ein eigenständiges, XML-basiertes Austauschformat für multimediale Kataloge. Unterstützt werden in der Version konfigurierbare Sachgüter bzw. Leistungsbündel sowie die Auflistung von Dienstleistungen. Zur Klassifikation wird der eCl@ss-Standard verwendet. Die Version *BMEcat 2005* bietet zwei Prinzipien an, um konfigurierbare Produkte im BMEcat abzubilden und automatisiert zu bestellen. Ein *Beschreibungsmodell* erlaubt die parameter- und komponentenbasierte, mehrstufige Konfiguration. Komplexe Produkte werden über die *Sell-Side* des Lieferanten mit Hilfe des sog. *entfernten Katalogaufrufs* (*PunchOut, Roundtrip*) angefordert, gegebenenfalls abgestimmt und in das bestehende standardisierte Katalogsortiment übernommen [Fr05]. In BMEcat stehen die drei Transaktionen¹¹⁹ Übertragung eines neuen Kataloges (**T_NEW_CATALOG**), Aktualisierung von Produktdaten (**T_UPDATE_PRODUCTS**) und Aktualisierung von Preisdaten (**T_UPDATE_PRICES**) zur Verfügung (siehe Abbildung 61).

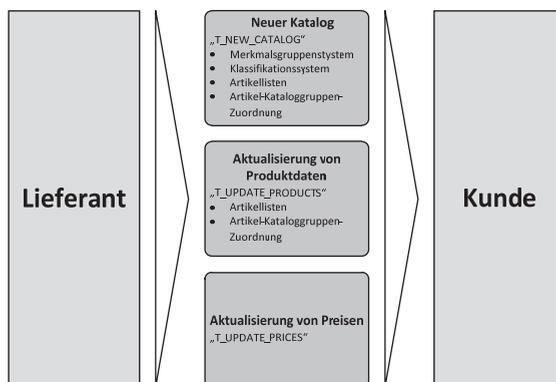


Abbildung 61: Transaktionen von BMEcat

4.4.4.4 Klassifikationsstandards

Ein *Klassifikationssystem* ist die strukturierte Darstellung von Klassen und der zwischen ihnen bestehenden Begriffsbezeichnung [DIN87b]. Mit Hilfe von Klassifikationssystemen werden Produkte oder Dienstleistungen *klassifiziert*. Wird ein Objekt klassifiziert, so wird es in eine Klassenstruktur (in ein Klassifikationssystem) eingeordnet. Eine *Klasse* ist eine Kollektion von Objekten mit mindestens einem gemeinsamen Merkmal [DIN87b]. Produktklassifikationssysteme werden innerbetrieblich und in Unternehmen eingesetzt, um Produkte zu kategorisieren und zu beschreiben. Die Möglichkeit der Klassifikation wird von vielen PDM-, ERP- und Warenwirtschaftssystemen unterstützt. Vor allem standardisierte Produktklassifikationssysteme (Klassifikationsstandards oder auch Standardklassifikationssysteme) sind von besonderer Bedeutung, die branchenspezifisch auf Marktplätzen

¹¹⁹ Transaktionen bestimmen, welche Teile eines Kataloges mit dem Katalogdokument übertragen und wie diese Daten im Zielsystem verarbeitet werden [SLK04].

und branchenübergreifend eingesetzt werden. Mit Hilfe von standardisierten Klassifikationssystemen ist ein Zugriff auf Kataloge, so genannte Multi-Lieferantenkataloge, und Leistungsverzeichnisse möglich sowie auf die lieferantenübergreifende Produktsuche und den qualifizierten Produktvergleich auf elektronischen Marktplätzen und in katalogbasierten Informationssystemen. Das Konzept von *standardisierten Merkmalsleisten*¹²⁰ wird bei Klassifikationssystemen verwendet. Eine Merkmalsleiste definiert spezifische, produktbeschreibende Merkmale für eine Produktklasse. Klassifikationssysteme dienen als Managementkonzept für Beschaffung und Vertrieb. Sie ermöglichen die Analyse für Planung, Steuerung und Controlling sowie ein Benchmarking und stellen das Sortiment eines Lieferanten und den Gegenstandsbereich von Einkaufsrahmenverträgen dar. Klassifikationssysteme besitzen eine Baumstruktur, die eine Menge von Objekten oder Themen in disjunkte Teilmengen (Klassen) verzweigt. Die verschiedenen Ebenen stellen unterschiedliche Abstraktions- oder Generalisierungsniveaus dar. Die Zuordnung von Objekten zu Klassen erfolgt auf der Basis von Merkmalen. Hierarchische Klassifikationssysteme vererben Klassenmerkmale. Sie werden durch Klassenbenennung und Klassifikationsschlüssel beschrieben. Standardisierte Klassifikationssysteme, wie bspw. von eCl@ss oder UNSPSC oder ein identisches System, das mit mehreren Partnern gemeinsam verwendet wird, weisen folgende Vorteile auf [He01, He03]:

- schnelles Auffinden ähnlicher bzw. gleicher Objekte durch die eindeutige Identifikation von Klassen
- hierarchische Anordnung von Objekten durch die hierarchische Struktur
- Sprachunabhängigkeit durch Verwendung der Klassifikationsschlüssel
- Interpretierbarkeit und automatisierte Weiterverarbeitung durch die Bekanntmachung der Semantik eines Objektes
- Kontinuität der Anwendung über einen längeren Zeitraum hinweg
- Einordnung fremder Daten/Objekte (Produkte) eines Geschäftspartners in die eigene unternehmensspezifische Ordnungshierarchie
- Möglichkeit der Analyse und Statistik von Informationen durch die Anwendung in verschiedenen Unternehmensbereichen, wie z. B. in Produktkatalogen, Kundenbestellungen, Rechnungen etc.
- Schaffung von Suchmaschinen und Mechanismen für eine gezielte Suche
- Konsistenz beim Einsatz über verschiedene Unternehmensbereiche hinweg
- Einsatz von spezialisierter Standardsoftware zur automatischen Kombination und Gruppierung verschiedener Objekte

Der Klassifikationsstandard *United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC)* [UNSPSC01, UNSPSC03] ist ein globales Klassifikationssystem und wird von der Mitglieder-gestützten UNSPSC-Initiative getragen. UNSPSC ist ein horizontales, hierarchisches Klassifikationssystem zur Produktklassifikation und ermöglicht detaillierte Aufstellungen über die Verwendung von finanziellen Mitteln bei einer Kostenaufwandanalyse. Die UNSPSC-Initiative strebt eine enge Zusammenarbeit mit dem Klassifikationssystem

¹²⁰ *Sachmerkmalsleisten* wurden in der Normenreihe DIN 4000 [DIN11] standardisiert.

*Global Product Classification (GPC)*¹²¹ an und untersucht eine zukünftige Anpassung beider Systeme. Das Beispiel der Dienstleistung *Repair* zeigt, wie die Klassifizierung innerhalb von UNSPSC erfolgt (Abbildung 62). Ein UNSPSC-Code besteht aus der Zusammensetzung von Klassifikationsschlüsseln und aus vier standardisierten Ebenen. UNSPSC sieht noch eine fünfte Ebene vor, die optional ergänzt werden kann. Jede Klassenebene (Ebene in der Hierarchiestufe) wird über eine zweistellige Zahl codiert. Die oberste Ebene ist das *Segment*, die folgenden Ebenen sind *Family*, *Class* und *Commodity*. Die fünfte optionale Ebene kann als *Business Function Identifier (BFI)* ergänzt werden. In der Gruppe *Commodity* befinden sich alle Produkte, die aufgrund ihrer Gruppierung wegen gleicher Charakteristika austauschbar sind [UNSPSC01, UNSPSC03]. Der BFI steht als ergänzendes Attribut für ein Produkt zur Verfügung.

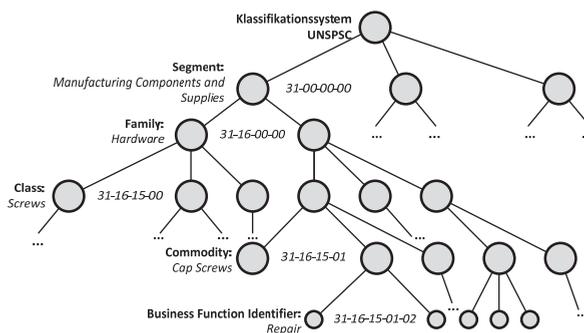


Abbildung 62: Aufbau und Beispiel des Klassifikationssystems UNSPSC

Der Klassifikationsstandard *eCl@ss* [EC11b] ist ein hybrides, horizontales Klassifikationssystem und dient der Klassifikation von Produkten und Dienstleistungen eines Unternehmens. Es wird benutzt zur Gruppierung von Materialien, Produkten und Dienstleistungen nach einem logischen Schema in einer detaillierten Darstellung gemäß der produktspezifischen Eigenarten, die durch normenkonforme Merkmale beschrieben werden. Produkte und Dienstleistungen lassen sich der vierstufigen, numerischen Klassenstruktur von *eCl@ss* zuordnen. Das hierarchische System von *eCl@ss* setzt sich aus drei Komponenten zusammen: *Materialklassenhierarchie* (Taxonomie), *Standardmerkmalelisten* und *Schlagwörterssystem*. Die Materialklassenhierarchie ist eine vierstufige Baumstruktur: Eine übergeordnete Klasse umfasst eine untergeordnete Klasse. So entspricht eine übergeordnete Klasse der Vereinigung ihrer untergeordneten Klassen. Die Knoten der Baumstruktur werden zusammen als Materialklassen bezeichnet. Es ergeben sich folgende Hierarchieebenen: Sachgebiet (Ebene 1), Hauptgruppe (Ebene 2), Gruppe (Ebene 3) und Untergruppe (Ebene 4). Sie werden über den achtstelligen Klassifikationsschlüssel dargestellt. Die zugehörigen Merkmalleisten beschreiben die Merkmale von Produktion und Dienstleistungen und ermöglichen die Suche in den verschiedenen Katalogen. Die Merkmale werden durch Werte definiert. Jeweils angehängte Schlagwörter und Synonyme dienen dem schnellen, zielge-

¹²¹ Die *Global Product Classification (GPC)* ist eine weltweit standardisierte Klassifikation, die in Einkaufs- und Beschaffungsprozessen genutzt und von der GS1 repräsentiert wird. Die GPC umfasst eine Vielzahl an Warenbereichen, die sukzessive nach Anforderungen der Anwender ergänzt werden. Die ersten drei Ebenen ihrer 4-stufigen Hierarchie sind in Segment, Familie und Klasse unterteilt. Auf der vierten Ebene (Baustein/Brick) werden zusätzlich Attribute mit den zugehörigen Werten festgelegt [GS1d].

richteten Auffinden der Produktklassen und Ihrer Merkmalleisten. Im Gegensatz zu UNSPSC verfügt eCl@ss über die Möglichkeit, Schlagwörter und Merkmalleisten zu verwenden. UNSPSC zielt mehr auf die Beschaffenheit eines Gutes ab, während eCl@ss sich nach Beschaffungsmärkten und Produktverwendungen orientiert. Das Beispiel der Sachleistung *Metalltür* zeigt, wie innerhalb von eCl@ss klassifiziert wird (siehe Abbildung 63).

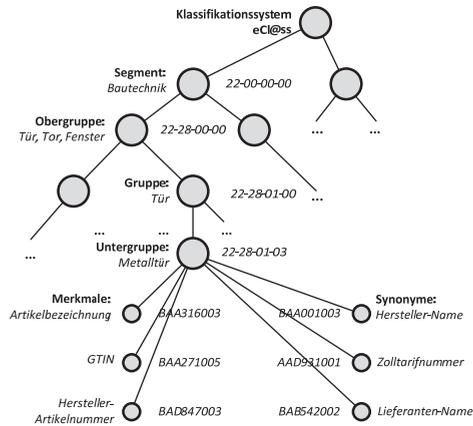


Abbildung 63: Aufbau und Beispiel des Klassifikationssystems eCl@ss

5 Metamodell zur Beschreibung der industriellen Dienstleistungsbeschaffung

Das Kapitel „*Metamodell zur Beschreibung der industriellen Dienstleistungsbeschaffung*“ befasst sich mit der Entwicklung eines Metamodells zur Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen in der Dienstleistungsbeschaffung. In Kapitel 2 wurde die Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen und Datenstrukturen als eine Herausforderung für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung begründet. Die Entwicklung eines konzeptuellen Metamodells dient dazu, die Anforderungen an Geschäftsprozesse und Datenstrukturen für den Einsatz in Informationssystemen in einen Zusammenhang zu stellen. Das Metamodell wird domänenspezifisch für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung erweitert. Die domänenspezifische Erweiterung des Metamodells dient der Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Davon ausgehend werden in nachfolgenden Kapiteln ein Referenzprozessmodell, eine formale, integrierte Modellierungsmethode für die Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten sowie E-Business-Lösungen für die elektronische Dienstleistungsbeschaffung entwickelt¹²². Das erweiterte Metamodell ist ein Informationsmodell und dient als Bezugsrahmen für die Identifizierung von relevanten Prozessstrukturen und Prozessobjekten sowie zur Gestaltung von Datenflüssen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Modellelemente aus dem Metamodell werden konkretisiert und stehen Fachanwendern und Modellierern durch eine werkzeuggestützte Implementierung (siehe Kapitel 8 und 9) zur Verfügung. Die Beschreibung des Metamodells sowie dessen domänenspezifischer Erweiterung erfolgt durch Teilsichten. Der *Abschnitt 5.1* stellt die Modellierung eines Metamodells für die Dienstleistungsbeschaffung (*MSP*) als Informationsmodell vor und formuliert die Anforderungen an das Metamodell. Allgemeine und domänenspezifische Anforderungen werden unterschieden. Das Metamodell wird entwickelt und durch Teilsichten dargestellt. In *Abschnitt 5.2* werden erweiterte Anforderungen an eine domänenspezifische Erweiterung des Metamodells definiert. Für Datenflüsse und Geschäftsprozesse in Kollaborationen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung wird eine domänenspezifische Erweiterung des Metamodells (*eMSP*) vorgenommen und durch Teilsichten beschrieben. Die domänenspezifische Erweiterung des Metamodells wird in *Abschnitt 5.3* durch ein Beispiel einer konkreten Modellinstanz für die Beschaffung einer industriellen Dienstleistung veranschaulicht. In *Abschnitt 5.4* werden ablaufrelevante Objekte zur Gestaltung einer integrierten Modellierungsmethode für Geschäftsprozesse und Datenstrukturen identifiziert. *Abschnitt 5.5* bewertet den Modellierungsansatz anhand der definierten Anforderungen.

¹²² Für den gegebenen Problembereich (die Domäne *industrielle Dienstleistungsbeschaffung*) wird eine domänenspezifische Modellierungssprache entwickelt. Nach Holten [Ho00] verlangt die Entwicklung einer Modellierungstechnik, dass zunächst die Begriffe für die konzeptionellen Aspekte der zugrundeliegenden Sprache einzuführen sind, um geeignete Notationselemente für die repräsentativen Aspekte der Sprache festzulegen und zuzuordnen.

5.1 Metamodell

Eine integrierte Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen beseitigt Ineffizienzen. Die Aufhebung von Ineffizienzen wird durch die Implementierung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse in Informationssystemen unterstützt. Das entwickelte Metamodell für die Dienstleistungsbeschaffung (*Meta Model for Service Procurement (MSP)*) bildet einen Bezugsrahmen für die Erfassung von Beziehungen und Strukturen. Entitäten von Geschäftsprozessen und Datenflüssen werden miteinander in Beziehung gesetzt. Das sprachbasierte Metamodell dient als ein adäquates Modell für die Gestaltung von Informationssystemen. Es bildet relevante Aspekte der Dienstleistungsbeschaffung für die Entwicklung einer domänenspezifischen Modellierungssprache ab. Datenflüsse in der Dienstleistungsbeschaffung stellen logistische Informationsflüsse¹²³ dar und haben einen erheblichen Einfluss auf die betriebliche Leistungserstellung: Sie sind generell mit Kosten zur Erhebung, Übermittlung, Verarbeitung und Speicherung verbunden und implizieren ein Potenzial zur Rationalisierung. Die Informationsqualität wirkt sich auf die Effektivität und Effizienz betrieblicher Planung und Steuerung aus. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht dienen Informationen der Koordination wertschöpfender Aktivitäten und gehen als Einsatzgüter in den Wertschöpfungsprozess ein [Ha08a]. Die Beherrschung der Informationsflüsse stellt für Unternehmen eine wesentliche Kompetenz dar [Sc02a]. Die Vermeidung von Medienbrüchen an Schnittstellen verhindert fehleranfällige, intransparente Geschäftsprozesse [BCV03]. Modellinstanzen der in dieser Arbeit entwickelten MOF-konformen Metamodellerweiterung erfüllen die domänenspezifischen Anforderungen und sichern die einheitliche Beschreibung von Daten- und Prozessstrukturen [FR07]. Es ist das Ziel, Datenflüsse in der Dienstleistungsbeschaffung weitgehend automatisiert durch semi-automatische und automatische Aktivitäten von Informationssystemen zu steuern. Die Integration der Geschäftsprozesse verschiedener Wertschöpfungspartner ermöglicht die enge Abstimmung mit strukturierten Datenflüssen für eine IT-Unterstützung zur Effizienzsteigerung an den Prozessschnittstellen und vermeidet so Reibungsverluste durch lange Durchlaufzeiten, Doppelarbeiten, hohen Koordinationsaufwand, Inkonsistenzen und Inkompatibilitäten [WKV+10]. Prozessschritte werden an fest definierten Schnittstellen durch die Ablauflogik festgesetzt. Diese Prozessinteraktion ermöglicht den Austausch relevanter Informationen über Datenflüsse.

5.1.1 Anforderungen

An die Modellierung und Beschreibung des Metamodells werden allgemeine und domänenspezifische Anforderungen formuliert.

5.1.1.1 Allgemeine Anforderungen

Anforderungen an die Repräsentation, Funktionalität und die Korrektheit werden in Anlehnung an Oberweis [Ob96a] und van der Aalst [Aa00b] definiert.

¹²³ Die Durchführung, Steuerung und Kontrolle von Informationsflüssen zwischen Unternehmen sowie die Speicherung und Aufbereitung wird als *Informationslogistik* bezeichnet [Sc02a].

- **formale Definition** (AF_{DM_1}): Eine durch Interpretationsspielraum entstandene unterschiedliche Auslegung der Modellierung durch beteiligte Parteien führt bei interorganisatorischer Kommunikation durchaus zu Missverständnissen. Eine präzise, formale Notation soll dieses Konfliktpotenzial beseitigen.
- **grafische Repräsentation und Ausdrucksmächtigkeit** (AF_{DM_2}): Eine grafische Darstellung des Sachverhalts soll die Übersichtlichkeit und das Verständnis verbessern. Dadurch wird das Erlernen der Modellierung vereinfacht und die Kommunikation zwischen Kunden, betriebswirtschaftlichen Domainexperten und Softwareentwicklern verbessert. Die Intention der Modellierung ist die genaue Beschreibung der zugrunde liegenden Vorgänge. Alle relevanten Informations- und Entscheidungspfade sollen effektiv und adäquat dokumentiert werden.
- **Unabhängigkeit und Werkzeugunterstützung** (AF_{DM_3}): Die Unabhängigkeit einer Notation von einer Firma oder Organisation sichert Fortdauer und Nachhaltigkeit. Unabhängigkeit bedeutet die freie rechtliche Nutzung und Weiterentwicklung sowie die Ungebundenheit von bestimmter Software. Die Modellierungssprache soll eine breite Unterstützung durch Softwarewerkzeuge aufweisen.
- **Adaptierbarkeit und Erweiterbarkeit** (AF_{DM_4}): Die immateriellen, heterogenen Eigenschaften von Dienstleistungen und die unterschiedlichen Ziele, die verschiedene Unternehmen verfolgen, bedingen, das Modell flexibel und individuell auszugestalten. Es soll möglich sein, das Modell zu ändern und zu erweitern.
- **Konsistenz und Widerspruchsfreiheit** (AF_{DM_5}): Das Metamodell soll syntaktisch und semantisch konsistent und widerspruchsfrei sein. Die Eigenschaft der Konsistenz wird durch die Vermeidung von Redundanzen unterstützt.
- **Abstraktion und Separation of Concerns (SoC)** (AF_{DM_6}): Das Metamodell beschränkt sich auf die für die vorliegende Problemstellung relevanten Merkmale des Gegenstandsbereichs der Dienstleistungsbeschaffung. SoC bezeichnet die Aufteilung einer Problemstellung in verschiedene Teilprobleme, die durch Teilmodelle repräsentiert werden. Dieser Komplexitätsreduktionsmechanismus wird in modellgetriebenen Ansätzen durch Modellierungssprachen und Werkzeugen entwickelt [Kü07].
- **Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung (GoM)** (AF_{DM_7}): Erweiterte allgemeine Anforderungen und Grundsätze lassen sich aus den Gestaltungsempfehlungen für die Modellierung **Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung (GoM)** [BRS95, Sc00a] ableiten. Das Metamodell soll die GoM unterstützen. Es ist ein *Informationsmodell* und gilt als ein Abbild des betrieblichen Objektsystems aus der Sicht der verarbeiteten Informationen [BRS95]. Das Objektsystem bezeichnet den Ausschnitt der Realwelt, den das Modell abbildet. Die Gestaltungsempfehlungen setzen sich aus sechs Grundsätzen zusammen, die miteinander in Wechselbeziehungen stehen. Ein Modell ist *syntaktisch* bzw. *formal korrekt*, wenn es vollständig und konsistent gegenüber dem ihm zugrunde liegenden Metamodell ist. Die *semantische Korrektheit* fordert die Struktur- und Verhaltenstreue des Modells gegenüber dem Objektsystem ein. Sachlogische Gegebenheiten und Zusammenhänge werden korrekt und widerspruchsfrei erfasst (*Grundsatz der Richtigkeit*). Die explizite Definition von Zielen bestimmt die *Relevanz von Informationen* für ein Modell (*Grundsatz der Relevanz*). Die Kosten der Erstellung und Verwendung eines Modells stehen in einem *angemessenen Verhältnis* zu dem durch den Einsatz

des Modells generierten Nutzen (*Grundsatz der Wirtschaftlichkeit*). Für die jeweiligen Zielgruppen ist das Modell *lesbar* und *verständlich gestaltet* (*Grundsatz der Klarheit*). Die *syntaktische Vergleichbarkeit* verlangt die Abbildung unterschiedlicher Modellierungstechniken eines Metamodells auf ein gemeinsames Metamodell. Die *semantische Vergleichbarkeit* fordert die inhaltliche Vergleichbarkeit von Modellen (*Grundsatz der Vergleichbarkeit*). Die Darstellung komplexer Sachverhalte geschieht unter der Verwendung *verschiedener Sichten*, die eine umfassende Darstellung des Modells ermöglichen. Die Sichten werden integriert durch einen systematischen Aufbau von Teilmodellen (*Grundsatz des systematischen Aufbaus*).

5.1.1.2 Domänenspezifische Anforderungen

An die Modellierung und Beschreibung des Metamodells werden domänenspezifische Anforderungen formuliert, die inhaltlich relevante Anforderungsaspekte definieren.

- **Organisations- und Ressourcenstrukturen** (AF_{DM_8}): Relevante organisatorische Zusammenhänge in der Dienstleistungsbeschaffung werden dargestellt. Organisationen und deren Strukturen repräsentieren Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager. Eine Organisationsstruktur definiert den unternehmensinternen Aufbau von Organisationsbereichen, Abteilungen und deren Funktionalität. Die für die Dienstleistungsbeschaffung relevanten unternehmensinternen Abteilungen werden im erweiterten Metamodell abgebildet. Des Weiteren bestimmen Organisationsstrukturen die Zuständigkeiten von organisatorischen Einheiten und die Handlungsbeziehungen zwischen den Organisationseinheiten. Die Handlungsbeziehungen werden über kollaborative Geschäftsprozesse gesteuert. Rollen beschreiben die Beziehung zwischen menschlichen Ressourcen und ihren zugewiesenen Aktivitäten in Prozessen [AKV03]. Menschliche Ressourcen stellen menschliche Arbeitskraft zur Verfügung. Rollen und Ressourcen werden gemäß dem Verständnis von Workflow Management-Systemen als Teil von Informationssystemen assoziiert [AKV03, Ob96b]. In Informationssystemen werden einer Rolle Aufgaben und Rechte zugewiesen. Rollen sind eine konzeptionelle Weiterentwicklung von Benutzergruppen. Ein Benutzer kann mehrere Rollen haben und seine Rechte ergeben sich dann durch die Vereinigung der Rechte aller Rollen.
- **Prozessstrukturen** (AF_{DM_9}): Die Prozessstrukturierung und -modularisierung verbessern die Verständlichkeit von Geschäftsprozessen, indem die Komplexität durch eine Prozessstruktur und eine Aufteilung in Prozessmodule reduziert wird [KKM+05]. Prozessstrukturen beschreiben Abhängigkeiten zwischen Geschäftsprozessen aus ablauflogischer Sicht. Geschäftsprozesse werden in sinnvolle Teilprozesse zerlegt und hierarchisch aufgebaut [Mü09]. Prozessmodule strukturieren kollaborative Teilprozesse und ermöglichen die Bildung von Varianten von Geschäftsprozessmodellen. Durch die Modularisierung von Geschäftsprozessen werden vielfältige Geschäftsprozessmodelle generiert. Das Metamodell soll Ansätze zur Strukturierung und Modularisierung von Geschäftsprozessen berücksichtigen.
- **Datenstrukturen** ($AF_{DM_{10}}$): Die integrative Betrachtung von Daten- und Kontrollflüssen bildet die Vorstufe der Modellierung für eine mögliche Ausführung der Geschäftsprozesse und unterstützt das Design von Informationssystemen. Das Metamodell soll Da-

tenstrukturen abbilden, die Datenflüsse an Datenobjekten verschiedener Ausprägungen unterstützen. Einfache und komplexe Datenobjekte beschreiben die Datenflüsse in Geschäftsprozessen der Dienstleistungsbeschaffung. Die Beschreibung von Dienstleistungen steht im Fokus von dienstleistungsorientierten Datenflüssen und soll durch komplexe Datenobjekte instanziiert werden.

- **Choreographie und Kollaboration** ($AF_{DM_{11}}$): Die Beschaffung von Dienstleistungen soll durch eine Choreographie von Geschäftsaktivitäten in Kollaboration abgebildet werden. In der Domäne Dienstleistungsbeschaffung wirken Organisationen bei der Ausführung eines Bestellvorgangs von Dienstleistungen zusammen. Die Choreographie stellt eine öffentliche Schnittstelle dar und beschreibt den Nachrichtenaustausch aus einer öffentlichen Sicht, macht aber keine Angaben über die interne Prozesslogik der Teilnehmer. Sie berücksichtigt die Interaktionen der Rollen mit festgelegten Verantwortlichkeiten innerhalb eines gegebenen Prozesses [We07]. Sie ist für eine unternehmensübergreifende Komposition unter Beteiligung mehrerer Partner geeignet.

5.1.2 Existierende Ansätze

In der wissenschaftlichen Literatur sind Ansätze mit ähnlicher Intention zu finden. Alle Ansätze beschreiben die Domänen Dienstleistung und Dienstleistungserbringung mit unterschiedlichem Fokus und unterschiedlicher Granularität. Die Auswahl und Darstellung der vorgestellten Ansätze erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Der *FlexNet Architect* [BBK+11] stellt wiederverwendbare Bausteine für die Szenarienmodellierung in der hybriden Wertschöpfung zur Verfügung. Für die Analyse- und Konzeptionsphase zur Planung und Modellierung hybrider Wertschöpfungsnetzwerke lassen sich die Kooperationsgestaltung, Akteure, Bereiche und Informationsflüsse modellieren. Der darin beschriebene Lösungsansatz zur Modellierung hybrider Wertschöpfungsnetzwerke basiert auf einer webbasierten Anwendung, die Vorlagen für Modellkomponenten und Spezifikationen elektronischer Geschäftsdokumente bereitstellt. Für die Modellierung von kundenspezifischen Konfigurationen und der Kalkulation von hybriden Leistungsbündeln wurde die *HyproDesign-Modellierungssprache* [BKK+08, BBK+09b] entwickelt. Sie basiert auf einem sprachbasierten Metamodell. Das Metamodell beschreibt Varianten und Konfigurationsmöglichkeiten eines generischen Leistungsbündels aus Anbietersicht. Die Taxonomie des Leistungsbündels mit seinen Leistungseigenschaften und Strukturbeziehungen als auch Regeln für die Festlegung vorhandener Selektions- und Kombinationsmöglichkeiten werden erfasst. Die einzelnen Module für die Definition vordefinierter, wiederverwendbarer Teilmodelle sind als semantisches Modell durch ein Entity-Relationship-Diagramm dargestellt. Winkelmann und Luczak [WL06a, Wi07a] entwickeln einen Petri-Netz-basierten Ansatz für die kooperative Erbringung industrieller Dienstleistungen. Die Prozess-, Potenzial- und Ergebnisdimension werden mit *Coloured Petri Nets (CPN)* modelliert. Die Prozessdimension beschreibt die kooperative Ausführung der Dienstleistung, die Potenzaldimension berücksichtigt Ressourcen wie Personal und Material. Die Ergebnisdimension umfasst den Ergebnisstatus durch die Performanzdimensionen Zeit, Kosten und Qualität. Becker und Neumann [BN06] entwickeln einen Ansatz für die Auftragsabwicklung von technischen Dienstleistungen. Sie definieren zentrale Komponenten wie Pro-

zesse und Aktivitäten, Leistungsprodukte, technische Objekte, Verträge und Serviceaufträge in Form von Datenmodellen als Referenzmodelle für die prozessorientierte Integration und Systemgestaltung zur Unterstützung von Servicemanagement-Systemen. Jeder dieser Ansätze nimmt bestimmte Teilsichten ein und beschreibt entsprechende Teilaspekte. Im Vordergrund steht die Leistungserbringung industrieller Dienstleistungen. Kein Ansatz stellt einen umfassenden, formalisierten Ansatz dar. Die Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung wird bei keinem der existierenden Ansätze explizit berücksichtigt. Das entwickelte Metamodell und die Metamodellerweiterung fokussieren sich auf alle relevanten Teilsichten dieser Domäne und berücksichtigen die Kollaboration von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfragern in Dienstleistungsnetzwerken. Zudem dienen die Modelle als Entwicklungsbasis für weiterführende Ansätze.

5.1.3 Modellierung von Teilmodellen

Die Abstraktion der Modellierung realer Sachverhalte führt zu komplexen und umfangreichen Modellen. Die Komplexität eines Modells sollte reduziert und eine Betrachtungsweise ermöglicht werden, die eine Modellierung aus mehreren, möglichst unabhängigen Perspektiven oder Sichten vorsieht [SK06]. Die Vorgehensweise der Definition von Sichten für die Modellierung eines Modells vereinfacht und strukturiert die Beschreibung. Nach Booch et al. [BRJ07] sorgt die Modellierung geeigneter Sichten für das Verständnis des Systems. Teilmodelle stellen Teilsichten mit disjunkten Inhalten dar. Das Metamodell wird daher aus anwendungsorientierten Perspektiven in verschiedene Teilmodelle untergliedert, die miteinander in Beziehung gesetzt werden und Teilsichten des Metamodells repräsentieren. Die Teilmodelle stellen die Teilsichten *Prozesssicht*, *Datensicht*, *Organisationssicht*, *Ressourcensicht* und *Administrationssicht* vor. Das Ziel der Entwicklung des Metamodells ist die einheitliche und formale Spezifikation eines *Informationsmodells*. Für die formale Beschreibung der Datenschemata und Relationen werden UML-Klassendiagramme als abstrakte Syntax abgebildet und miteinander in Beziehung gesetzt. Die UML ist eine standardisierte Modellierungssprache und tritt durch ihre allgemeine Verständlichkeit der Beschreibung hervor. Damit ist eine Metamodellierung und die konkrete Repräsentation der Daten in einem abstrakten Format möglich. In Klassendiagrammen sind die Objekte über die logischen Kantenbeziehungen verbunden. Zur Übersicht wird eine UML-Klasse durch ein Rechteck dargestellt, das nur den Namen der Klasse enthält. Methoden und Attribute werden nicht wiedergeben. Diejenigen Klassen sind grau gefärbt, die Schnittstellen zu anderen Teilmodellen bilden.

5.1.3.1 Teilmodell der Prozesssicht

Die definierten Geschäftsprozesse für die Ausführung von Aktivitäten in der Dienstleistungsbeschaffung sind in der *Prozesssicht* dargestellt. Die verteilt-verbundenen Prozessaktivitäten in der Dienstleistungsbeschaffung werden durch kollaborative¹²⁴ Geschäftsprozesse

¹²⁴ Als formale Interaktionsmechanismen von Geschäftsprozessen werden die *Kollaboration*, *Kommunikation*, *Koordination* und *Kooperation* mit unterschiedlichen Intensitätsgraden unterschieden [OK06]. In einer Kooperation werden abgegrenzte Teilaufgaben von einzelnen Aufgabenträgern separat bearbeitet. In einer Kollaboration arbeiten die Aufgabenträger gemeinsam an der Aufgabenerfüllung, wodurch eine

se beschrieben. Nach Volker und Neu [VN08] ergibt sich eine Kollaboration in einer Wertschöpfungskette durch mindestens zwei Unternehmen. Die Kollaboration ermöglicht, durch die verteilte und synchronisierte Ausführung von verbundenen Geschäftsaufgaben zusätzlichen Mehrwert zu schaffen [WKV+10]. Sie bezieht Aktivitäten ein, deren Verrichtung durch die kollaborative Zusammenarbeit kostenoptimaler, schneller und qualitativer ausgestaltet wird. In einer *Kollaboration* bestimmt das Zusammenspiel verschiedener beteiligter Partner den Nachrichtenaustausch, der durch Nachrichtenflüsse definiert ist. Jeder Partner ist mit einer oder mehreren Rollen an der Kollaboration beteiligt. Die Kollaboration wird durch diejenigen unternehmensinternen und öffentlichen Geschäftsprozesse realisiert, die als kollaborative (unternehmensübergreifende) Geschäftsprozesse verbunden sind (siehe Abbildung 64) [AK07, ZWM+07, Ob10].

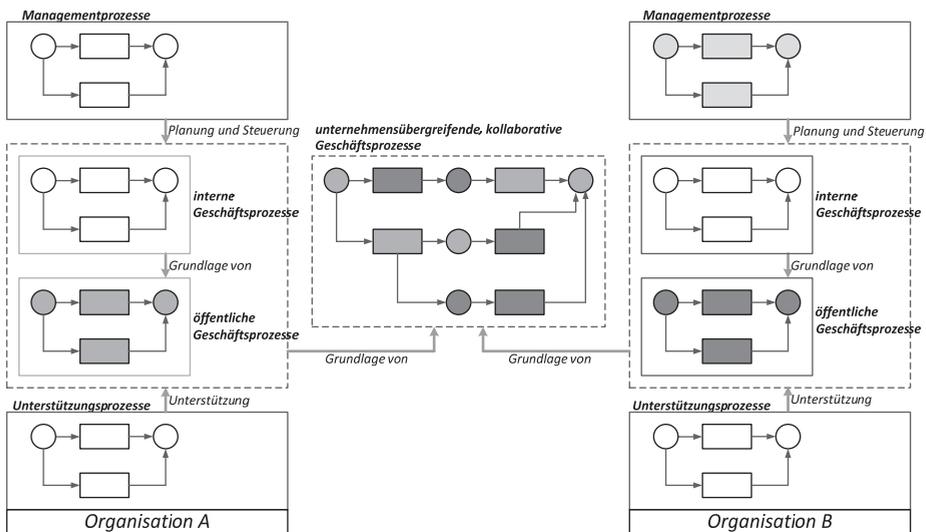


Abbildung 64: Zusammenspiel von internen, öffentlichen sowie unternehmensübergreifenden, kollaborativen Geschäftsprozessen (in Anlehnung an [AK07])

Sie werden in *bilaterale* und *multilaterale* Kollaborationen unterschieden [OASIS01]. Eine bilaterale Kollaboration besteht zwischen zwei Organisationen, eine multilaterale Kollaboration setzt sich aus mindestens zwei oder mehreren bilateralen Kollaborationen zusammen. Eine *Prozesschoreographie* wird als eine andere Sicht auf eine Kollaboration betrachtet, bei der die Kombination und Reihenfolge des Austauschs von Informationen im Vordergrund steht. Die Verbindung zwischen Prozesschoreographie und Kollaboration wird über Datenflüsse hergestellt. Bei einer Prozesschoreographie handelt es sich um den Nachrichtenaustausch zwischen den unterschiedlichen Partnern im Rahmen von Business-to-Business-Szenarien. Aus der geordneten und definierten Reihenfolge von Aktivitäten innerhalb von Kollaborationen lassen sich die erforderlichen Prozessschnittstellen der Partner ableiten. Die Reihenfolge des Nachrichtenaustauschs und mögliche prozessuale Entscheidungen werden genau bestimmt. Die Prozesschoreographie dient als Grundlage

Abgrenzung in Teilaufgaben nur schwer möglich ist. Unter Kommunikation wird der Austausch von Informationen verstanden. Koordination sind Mechanismen, die einen lenkenden Einfluss auf Aktivitäten und Prozesse haben [OK06].

für Fachanwender und Modellierer, um die Geschäftsprozesse geeignet zu gestalten und anzupassen, sodass das vereinbarte Zusammenspiel korrekt unterstützt wird. Kollaborative Geschäftsprozesse generieren eine Wertschöpfung durch eine unternehmensübergreifende Kollaboration. Ein kollaborativer Geschäftsprozess wird in Teilprozesse und Aktivitäten unterteilt, die nur einer Organisationseinheit zugesprochen werden. Das Teilmodell der Prozesssicht greift die Differenzierung der unterschiedlichen Geschäftsprozessarten für die Gestaltung von Dienstleistungskollaborationen durch eine Choreographie des Datenflusses auf (siehe Abbildung 65).

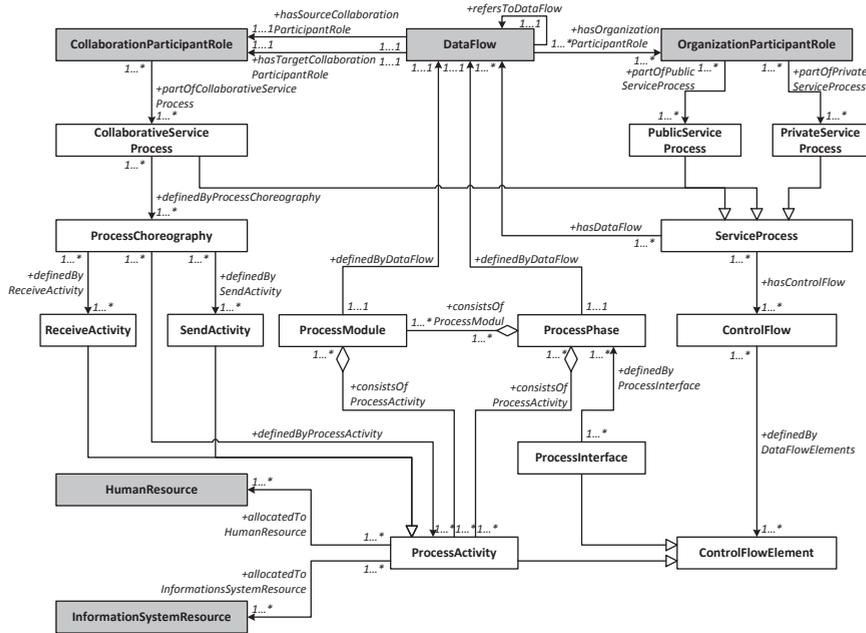


Abbildung 65: Teilmodell der Prozesssicht

Im Mittelpunkt des Teilmodells der Prozesssicht steht die Superklasse `ServiceProcess`. Instanzen dieser Klasse definieren Geschäftsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung. Subklassen der Klasse `ServiceProcess` bilden die Klassen `PrivateServiceProcess`, `PublicServiceProcess` und `CollaborativeServiceProcess`. Geschäftsprozessinstanzen in der Dienstleistungsbeschaffung sind interne (private) Geschäftsprozesse (`PrivateServiceProcess`), öffentliche Geschäftsprozesse (`PublicServiceProcess`) sowie kollaborative Geschäftsprozesse (`CollaborativeServiceProcess`). Die Klasse `CollaborativeServiceProcess` definiert einen kollaborativen Geschäftsprozess als verteilten Geschäftsprozess zur Gestaltung und Steuerung einer gemeinschaftlichen Leistungserbringung. Ein Serviceprozess impliziert manuelle, semiautomatisierte und automatisierte Aktivitäten. Die elektronische Ausführung von Serviceprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung ist an Workflows und an die Handhabung von Workflows durch Workflow-Managementsysteme (WfMS) (vgl. [Ob96a]) angelehnt. Ein interner und öffentlicher Geschäftsprozess ist mit der Klasse `OrganizationParticipantRole` verknüpft, da mindestens ein Mitarbeiter in einer Rolle an einem Geschäftsprozess beteiligt ist. Ein kollaborativer Geschäftsprozess ist mit

der Klasse `CollaborationParticipantRole` verknüpft. Mindestens ein Kollaborationsteilnehmer ist in einer Rolle an einem kollaborativen Geschäftsprozess beteiligt. Die Klasse `ServiceProcess` ist mit den Klassen `DataFlow` und `ControlFlow` verbunden. Ein Geschäftsprozess als Instanz von `ServiceProcess` verfügt über einen Daten- und Kontrollfluss. Die Klasse `DataFlow` ist wiederum mit den Klassen `CollaborationParticipantRole` und `OrganizationParticipantRole` vernetzt. Die Instanz der Klasse `ControlFlow` ist durch die Instanzen der Klasse `ControlFlowElement` darzustellen. Ein Kontrollfluss wird durch Kontrollflusselemente bereitgestellt. Kontrollflusselemente sind Prozessaktivitäten (`ProcessActivity`) und Prozessschnittstellen (`ProcessInterface`). Beide Klassen `ProcessActivity` und `ProcessInterface` erben von der Superklasse `ControlFlowElement`. Prozessaktivitäten beschreiben einzelne Schritte eines Prozessablaufs. Sende- und Empfangsaktivitäten (`SendActivity` und `ReceiveActivity`) sind spezielle Prozessaktivitäten. Sie alle steuern den Datenfluss in Prozesschoreographien. Eine Prozesschoreographie wird durch die Klasse `ProcessChoreography` repräsentiert. Instanzen der Klassen `SendActivity` und `ReceiveActivity` definieren eine Prozesschoreographie. Ein kollaborativer Dienstleistungsbeschaffungsprozess als Ausprägung eines Dienstleistungsbeschaffungsprozesses wird durch die Prozesschoreographie bestimmt. Ressourcen führen Prozessaktivitäten aus und sind als menschliche Ressourcen (`HumanResource`) und technische Ressourcen (`InformationSystemResource`) instanziiert. Prozessschnittstellen bilden die Übergänge zwischen Geschäftsprozessen, Teilprozessen und Aktivitäten. Eine Prozessschnittstelle als Instanz der Klasse (`ProcessInterface`) dient der Verknüpfung von einzelnen Aktivitäten, Teilprozessen und Geschäftsprozessen zu Prozessen. Schnittstellen definieren Übergabepunkte, an denen ein Prozess ein Ergebnis (*Output*) an die Schnittstelle übergibt und ein anderer Prozess diesen Output als Eingabe (*Input*) übernimmt. Schnittstellen zwischen Aktivitäten überbetrieblicher Geschäftsprozesse stellen kritische Übergänge dar, tragen aber maßgeblich zur Effizienz und Effektivität der Geschäftsprozesse bei. Instanzen der Klassen `ProcessModule` und `ProcessPhase` bestehen aus Prozessaktivitäten. Prozessmodule definieren eine abgeschlossene Menge an Prozessaktivitäten. Prozessphasen und Prozessmodule werden durch einen Datenfluss und die Prozessschnittstellen bestimmt. Aus Prozessmodulen und damit aus Prozessaktivitäten bestehen Prozessphasen. Eine Prozessphase definiert eine spezifische Phase, in der Geschäftsprozesse ausgeführt werden und beschreibt in sich abgrenzbare Aktivitäten, Teilprozesse, Geschäftsprozesse und Prozessmodule. Das Teilmodell der Prozesssicht ist mit der Daten-, Organisations- und Ressourcensicht verknüpft.

5.1.3.2 Teilmodell der Datensicht

Die im Rahmen der Dienstleistungsbeschaffung erzeugten oder verwendeten Daten sowie die mit den Daten zusammenhängenden Objekte sind Bestandteile der *Datensicht*. In den Datenaustausch der Dienstleistungsbeschaffung sind Kunden und Anbieter mit Rechten und Pflichten eingebunden. Die Geschäftsprozesse finden sowohl auf der Planungs- als auch auf der Ausführungsebene statt [BD04a]. In der Dienstleistungsbeschaffung ändert sich das System der Wertschöpfung zu integrierten elektronischen Wertschöpfungsnetzwerken mit inner- und überbetrieblichen Schnittstellen zu Kunden und Anbietern. Das E-Business beschleunigt den Einsatz von zwischenbetrieblichen Informationstechnologien. Damit verbinden sich die Interaktion zwischen Informationssystemen im E-Procurement

und die direkte Unterstützung der Ausführung von Geschäftsprozessen [Bu03, HW04, Le03a, Sc02a]. Um Wettbewerbsvorteile zu generieren, sind automatisierte Geschäftsprozesse und harmonisierte Daten notwendig. In inner- und überbetrieblichen Geschäftsprozessen realisieren Informations- und Kommunikationssysteme den Datenfluss. Das Teilmodell der Datensicht definiert den Datenfluss in der Dienstleistungsbeschaffung und beschreibt seine Entitäten und deren Zusammenhänge (siehe Abbildung 66). Datenobjekte und Geschäftsdokumente werden innerhalb von und zwischen Informationssystemen ausgetauscht. Ein Datenobjekt beschreibt und repräsentiert Objekte der äußeren Welt. Ein Geschäftsdokument bildet einen strukturierten Zusammenschluss von Datenobjekten und besteht aus einem Datenobjekt oder mehreren Datenobjekten. Datenobjekte gestalten den Datenfluss in den Geschäftsprozessen. Der Datenfluss im Service E-Procurement wird durch einen Daten- und Dokumentenaustausch charakterisiert. Die strukturierte Beschreibung einer Dienstleistung lässt sich durch Datenobjekte definieren und realisieren.

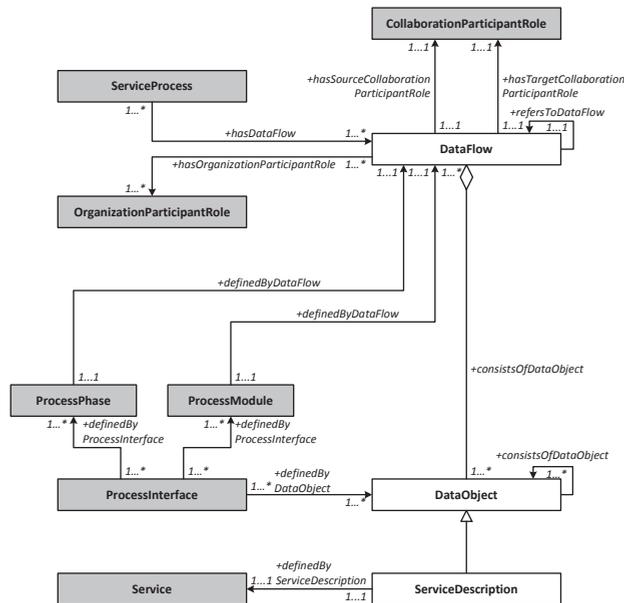


Abbildung 66: Teilmodell der Datensicht

So enthalten alle Geschäftsdokumententypen Datenobjekte zur Beschreibung von Dienstleistungen. Seine enge Verknüpfung zum Teilmodell der Prozesssicht wird aufgezeigt. Die Klasse `DataFlow` repräsentiert den Datenfluss in der Dienstleistungsbeschaffung. Der Datenfluss beschreibt semantisch und syntaktisch die ausgetauschten Daten in der Dienstleistungsbeschaffung. Eine Instanz der Klasse `ServiceProcess` besteht aus einem Datenfluss. Eine Organisation setzt sich aus verschiedenen Unternehmensbereichen zusammen, die an den Prozessaktivitäten beteiligt sind. Über den Datenfluss interagieren die Organisationseinheiten. Überbetriebliche Geschäftsprozesse werden durch den Datenfluss gesteuert. Eine Anfrage einer Kollaborationsteilnehmerrolle (`CollaborationParticipantRole`) initiiert einen überbetrieblichen Datenfluss, den eine andere Kollaborationsteilnehmerrolle beantwortet. Ein innerbetrieblicher Datenfluss wird zwischen Mitarbeitern verschiedener Abteilungen beschrieben. Der Datenfluss besteht aus Datenobjekten. Die Klasse `DataObject` de-

finiert Datenobjekte in der Dienstleistungsbeschaffung. Ein Datenobjekt kann aus anderen Datenobjekten bestehen. Eine Dienstleistungsbeschreibung ist ein Datenobjekt. Jede Dienstleistung wird über eine Dienstleistungsbeschreibung elektronisch spezifiziert. Die Spezifikation und Beschreibung einer Dienstleistung definiert die Klasse `ServiceDescription`, die in Geschäftsprozessen verwendet wird, um dienstleistungsspezifische Datenflüsse darzustellen. Sie ist mit der Klasse `Service` verknüpft, deren Instanzen durch eine Dienstleistungsbeschreibung konkretisiert werden. Die Klasse `DataObject` ist mit der Klasse `ProcessInterface` verknüpft. Instanzen der Klasse `DataObject` definieren Schnittstellen in internen und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen. Eine Prozessphase als Instanz der Klasse `ProcessPhase` wird über die Prozessschnittstellen (`ProcessInterface`) und den zugrunde liegenden Datenfluss (`DataFlow`) definiert. Das Partialmodell der Datensicht ist mit der Organisations-, Prozess- und Ressourcensicht verknüpft.

5.1.3.3 Teilmodell der Organisationssicht

Die *Organisationssicht* beschreibt die an der Dienstleistungsbeschaffung beteiligten Organisationseinheiten und deren Rollen. An der Ausführung von Prozessen sind betriebliche Organisationseinheiten beteiligt. Innerhalb der Organisationseinheit werden Rollen mit Zuständigkeiten und Verantwortungsbereichen festgelegt [Wi07b]. *Nahtstellen* [WR07] verbinden Organisationseinheiten und werden von Rollen ausgefüllt, die außerhalb eines spezifischen Kernprozesses liegen und Übergaben notwendig machen [Gr10]. Aus Prozesssicht werden die an der Dienstleistung beteiligten Organisationseinheiten und deren Rollen als Kunden-Lieferanten-Beziehung bezeichnet [Wi07b]. Im Teilmodell der Organisationssicht werden die organisatorischen Randbedingungen der Dienstleistungsbeschaffung berücksichtigt (siehe Abbildung 67). Das Teilmodell bildet die in Verbindung mit der Dienstleistungsbeschaffung stehende Aufbau- und Ablauforganisation ab. Organisationseinheiten werden über ein Rollenkonzept den einzelnen Prozessaktivitäten je nach Kompetanzanforderung zugeordnet. Im Zentrum des Partialmodells steht die Klasse `Organization`. Instanzen dieser Klasse erzeugen Organisationen, die in der Dienstleistungsbeschaffung involviert sind. Instanzen der Klasse `Organization` bestehen aus einer Organisationseinheit oder mehreren Organisationseinheiten (`OrganizationalUnit`). Die Klasse `OrganizationalUnit` definiert Organisationsbereiche, wie bspw. Abteilungen in Unternehmen. Organisationseinheiten in Unternehmen bilden die Strukturen der an der Dienstleistungsbeschaffung partizipierenden Abteilungen ab, die u. a. für die Zulieferung von Dienstleistungen, Material- oder Maschinenpositionen innerhalb eines Unternehmens oder von anderen beteiligten Unternehmen verantwortlich sind. Sowohl jeder Organisation als auch jeder Organisationseinheit wird mindestens ein Standort durch die Klasse `Location` zugewiesen. Der Standort definiert die geographische Lokation einer Organisation oder Organisationseinheit. Eine Organisation wird einer Dienstleistung (`Service`) zugeordnet, um die Einbindung von Organisationen und Organisationseinheiten in der Dienstleistungsbeschaffung zu beschreiben. Für spezifische Aufgabenbereiche und Geschäftsprozesse werden Rollen definiert, die Prozessteilnehmern zugewiesen werden.

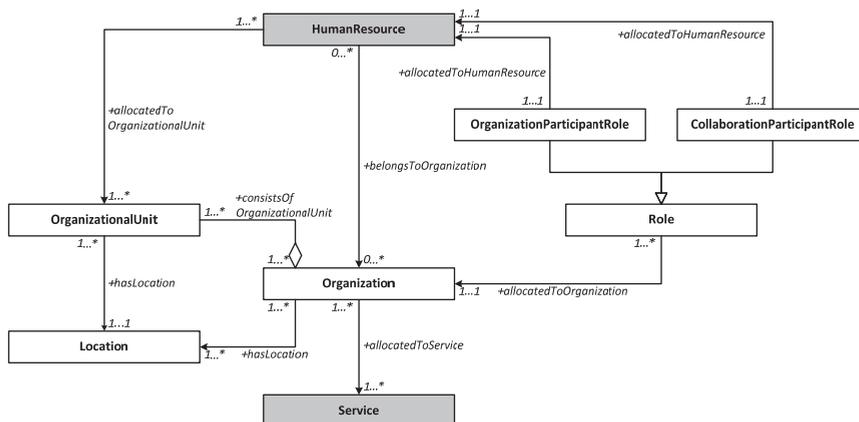


Abbildung 67: Teilmodell der Organisationssicht

Die Klasse `organizationParticipantRole` definiert Rollen, die an internen und öffentlichen Geschäftsprozessen beteiligt sind, die Klasse `collaborationParticipantRole` die Rollen, die an einer Kollaboration mit externen Organisationen und Organisationseinheiten mitwirken. Die Rollen orientieren sich an den in der Organisation existierenden Unternehmensbereichen. Die Klasse `role` spezifiziert das Rollenkonzept und bildet eine Superklasse der Klassen `organizationParticipantRole` und `collaborationParticipantRole`. Über das Rollenkonzept werden den an der Dienstleistungsbeschaffung beteiligten Organisationen eine menschliche Ressource (`HumanResource`) zugeordnet. Die Superklasse `role` ist mit der Klasse `HumanResource` verknüpft. Das Partialmodell der Organisationssicht ist mit der Ressourcensicht verknüpft.

5.1.3.4 Teilmodell der Ressourcensicht

Die in der Dienstleistungsbeschaffung eingesetzten materiellen und immateriellen Produktionsfaktoren werden durch die *Ressourcensicht* repräsentiert. Ressourcen sind materielle oder immaterielle Mittel, die in die Produktion von Gütern und Dienstleistungen eingehen. Den Aktivitäten in Geschäftsprozessen sind Ressourcen für deren Ausführung zuzuordnen. Geschäftsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung werden manuell durch menschliche Ressourcen bzw. (semi-) automatisiert durch IT-Ressourcen ausgeführt. Die Ressourcensicht beschreibt relevante Ressourcen in der Dienstleistungsbeschaffung und setzt sie mit Geschäftsprozessen und Organisationsstrukturen in einen Zusammenhang. Im Mittelpunkt des Teilmodells der Ressourcensicht steht die Klasse `Resource` (siehe Abbildung 68). Sie instanziiert eine Ressource. Die Klasse `Resource` bildet eine abstrakte Klasse, die gemeinsame Eigenschaften spezialisierter Ausprägungen von Ressourcenklassen bündelt. Eine Ressource ist die Mitarbeit einer Person, ein materielles oder ein immaterielles Gut. Materielle Ressourcen sind IT-Ressourcen wie Hardwarekomponenten, um (semi-)automatisierte und automatisierte Prozessaktivitäten auszuführen [RAH+05]. Immaterielle Ressourcen sind Dienstleistungen, Software und Daten. Materielle Ressourcen werden der Klasse `HardwareResource`, immaterielle Ressourcen den Klassen `Service` und `SoftwareResource` zugeordnet.

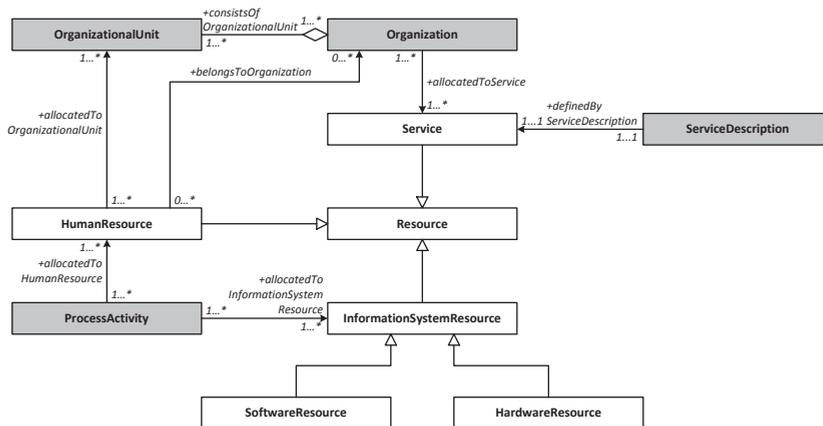


Abbildung 68: Teilmodell der Ressourcensicht

Die Klasse `Resource` bildet eine Superklasse der Klassen `HumanResource`, `InformationSystemResource` und `Service`. Die Subklasse `HumanResource` erbt von der Klasse `Resource` und repräsentiert eine menschliche Ressource. Eine menschliche Ressource ist einer Organisationseinheit (`OrganizationalUnit`) zugewiesen. So sind menschliche Ressourcen Mitarbeiter von Organisationen und führen Aktivitäten aus oder nutzen weitere Ressourcen zur Ausführung von Prozessaktivitäten (`ProcessActivity`). Eine Prozessaktivität wird manuell durch eine menschliche Ressource sowie (semi-)automatisiert durch IT-Unterstützung ausgeführt. Die Subklasse `InformationSystemResource` bildet eine Superklasse der Klassen `SoftwareResource` und `HardwareResource`. Die Klasse `SoftwareResource` instanziiert immaterielle Ressourcen wie Software und Daten, die Klasse `HardwareResource` materielle Ressourcen wie Netzwerk, Computersysteme wie PCs, Notebooks oder Server. Die instanziierten Ressourcen der Klassen `SoftwareResource` und `HardwareResource` bilden eine wichtige Voraussetzung für automatisierte Geschäftsprozesse in der Dienstleistungsbeschaffung. Für die (semi-) automatisierte Ausführung von Geschäftsprozessen ist die Klasse `InformationSystemResource` mit der Klasse `ProcessActivity` verknüpft. Aus der Klasse `Service` sind Dienstleistungen als Objekte instanziiert, die in der Dienstleistungsbeschaffung gehandelt werden. Eine Dienstleistung wird über eine Dienstleistungsbeschreibung (`ServiceDescription`) charakterisiert und ist einer Organisation (`Organization`) zugeordnet, die an der Dienstleistungsbeschaffung beteiligt ist. Das Teilmodell der Ressourcensicht ist mit der Daten-, Organisations- und Prozesssicht verknüpft.

5.1.3.5 Teilmodell der Administrationssicht

Festgelegt Ziele in der Dienstleistungsbeschaffung, die damit verbundenen Objekte und Faktoren und die vertraglichen Rahmenbedingungen zur Ausführung der Dienstleistungsbeschaffung werden in der *Administrationssicht* abgebildet (siehe Abbildung 69). Das Partialmodell der Administrationssicht ist mit allen weiteren Teilmodellen verknüpft, da die Administrationssicht auf alle Sichtweisen einen Einfluss hat. Unter der Vorgabe von effizienten und effektiven Geschäftsprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung werden Geschäftsziele definiert. Die Faktoren Qualität, Kosten und Zeit beeinflussen maßgeblich

Geschäftsziele und vertragliche Rahmenbedingungen. Vertragliche Regelungen betreffen die Gestaltung der Geschäftsprozesse und Datenflüsse. Die Klasse **BusinessGoal** definiert Zielsetzungen in der Dienstleistungsbeschaffung. Zielsetzungen tangieren Effektivität und Effizienz in der Dienstleistungsbeschaffung und werden von den partizipierenden Organisationen bestimmt. Sie erfassen Qualität (**Quality**), Zeit (**Time**) und Kosten (**Costs**).

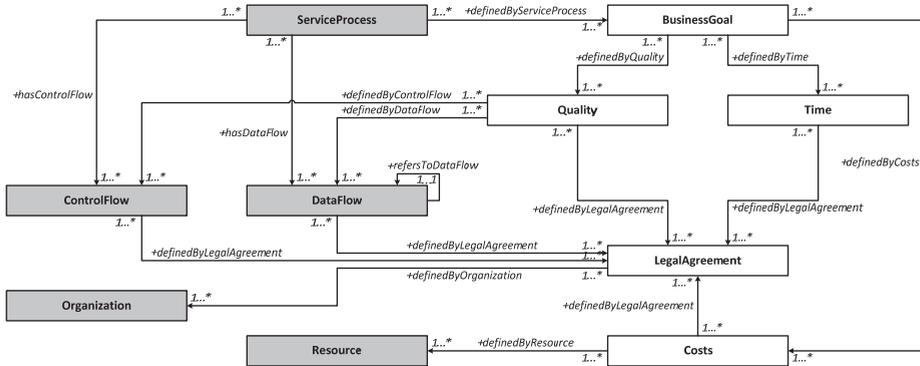


Abbildung 69: Teilmodell der Administrationsicht

Die Klasse **Quality** definiert Qualitätsziele und ist mit den Klassen **ControlFlow** und **DataFlow** verknüpft. Eine hohe Prozessqualität und Datenqualität legt die Qualität in der Dienstleistungsbeschaffung fest. Die Klasse **Time** instanziiert verschiedene Zeiten wie Durchlaufzeiten, Wartezeiten oder Reaktionszeiten. Die Reduktion dieser Zeiten sind für die Dienstleistungsbeschaffung relevant. Die elektronische Ausführung der (semi-) automatisierten Geschäftsprozesse unterstützt die Reduktion von Durchlauf-, Reaktions- und Wartezeiten. Die Klasse **Costs** instanziiert verschiedene Kostenarten wie Personalkosten, Sachkosten, Transaktionskosten oder Kapitalkosten. Diese Kosten entstehen vorrangig durch den Einsatz von Ressourcen, die durch die Klasse **Resource** instanziiert werden. Die Klasse **LegalAgreement** definiert Vertragsgrundlagen in der Dienstleistungsbeschaffung und instanziiert verschiedenen Vertragsarten. Sie stellen die rechtlichen Grundlagen der Zusammenarbeit zwischen Organisationen und legen die hierfür notwendigen Rahmenbedingungen fest. Dazu zählen auch wichtige Fristen der Gewährleistung. Ein Rahmenvertrag besteht bei langfristigen Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Ein Auftrag wird bei einem einmaligen Vertrag oder in zeitlich größeren Abständen geregelten anfallenden Verträgen definiert. Vertragliche Vereinbarungen betreffen den *Service Level*¹²⁵ in Bezug auf Funktionalität und Qualität der Ausführung einer Leistung zwischen Organisationen. Über Service Level findet eine Leistungsdifferenzierung statt¹²⁶. Dies trifft bei Dienstleistungen vor allem für Wartungs- und Instandhaltungskonzepte zur Leistungsintensität zu. Kosten-, Qualitäts- und

¹²⁵ Bei *Service Level Agreements* handelt es sich um Vertragsbestandteile, die einer Konkretisierung des zu erbringenden Leistungsumfangs- und der Prozessphasen sowie der Festlegung der zu kontrollierenden Inhalte dienen [GM94, Cr03a, Wa06].

¹²⁶ Bäcker und Herzog [BH04] unterscheiden bspw. zwischen den Leistungsbündeln *Standard*, *Advanced* und *Professional*. Die Bündel differieren hinsichtlich der Verfügbarkeit. So wird bspw. beim Standardbündel ein 1-Schicht-Betrieb mit unregelmäßiger Maschinennutzung angeboten, sodass die meisten Instandhaltungsarbeiten selbst durchgeführt werden. Das Professional-Bündel bietet einen 3-Schicht-Betrieb mit hoher und dauerhafter Maschinennutzung. Das Advanced-Bündel liegt qualitativ zwischen den beiden anderen Bündeln.

Zeitaspekte werden durch vertragliche Vereinbarungen definiert. Die Klasse `LegalAgreement` ist mit den Klassen `Quality`, `Time` und `Costs` verknüpft. Der Kontroll- und Datenfluss von Geschäftsprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung wird durch vertragliche Vereinbarungen definiert. Daher ist die Klasse `LegalAgreement` mit den Klassen `ControlFlow` und `DataFlow` verknüpft. Eine Vertragsvereinbarung wird zwischen mindestens zwei Organisationen definiert. Die Klasse `Costs` ist mit der Klasse `Resource` verbunden. Das Partialmodell der Administrations-sicht ist mit der Daten-, Organisations-, Prozess- und Ressourcen-sicht verknüpft.

5.2 Domänenspezifische Metamodellerweiterung

Das entwickelte Metamodell wird für die Betrachtung von Kollaborationen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung konkretisiert. Die Erweiterung des Metamodells für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung (*extended Meta Model for Service Procurement (eMSP)*) stellt eine Spezialisierung zur spezifischen Gestaltung der Zusammenhänge in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung dar. Volker und Neu [VN08] sprechen von der *Purchase Order Collaboration*. Der Zusammenhang zwischen Metamodell, Modell und Modellinstanz wird aufgezeigt (siehe Abbildung 70). Ein aus dem Metamodell abgeleitetes Modell beschreibt die Welt aus der Sicht einer Anwendungsdomäne als eine Menge von Objekten, die zu Objekten der realen Welt korrespondieren.

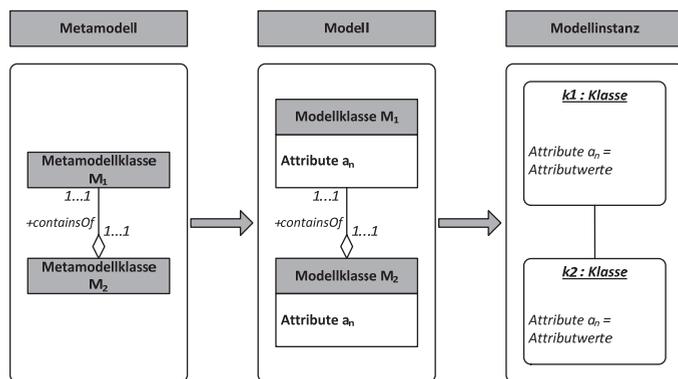


Abbildung 70: Zusammenhang Metamodell, Modell und Modellinstanz

Es werden diejenigen Objekte der realen Welt betrachtet, die für die Beschreibung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen relevant sind. In einem weiteren Schritt ist eine domänenspezifische Erweiterung des Metamodells für die spezifische Anwendungsdomäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung zu entwickeln und durch Teilmodelle zu beschreiben. Die domänenspezifische Metamodellerweiterung dient als ein konzeptionelles Modell für den Einsatz in Informationssystemen. Für die Definition einer domänenspezifischen Sprache als eine integrierte Modellierungsmethode werden ablaufrelevante Artefakte identifiziert und abgeleitet. Sie unterstützt das konzeptionelle Design von Informationssystemen (siehe Kapitel 6). Ein Modell als Instanz der domänenspezifischen Metamodellerweiterung repräsentiert eine Teilmenge der benötigten möglichen Informationen für die Beschreibung von Geschäftsprozessen, Datenflüssen, Organisationsstrukturen, Ressourcen

und Administrationsstrukturen. Eine Modellinstanz repräsentiert einen spezifischen Anwendungsfall innerhalb der Anwendungsdomäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung.

5.2.1 Zielsetzung der domänenspezifischen Metamodellerweiterung

Bisher existiert noch kein Metamodell bzw. keine domänenspezifische Metamodellerweiterung zur Unterstützung der Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Mit der domänenspezifischen Metamodellerweiterung des Metamodells *MSP* werden mehrfache Zielsetzungen verfolgt. Das Metamodell referenziert als adäquates Modell das Design für die Entwicklung von Informationssystemen zur Unterstützung der Dienstleistungsbeschaffung. Es identifiziert und ermöglicht die explizite Abbildung und präzise Beschreibung von Geschäftsprozess-, Datenobjekt-, Administrations-, Organisations- und Ressourcenentitäten der Dienstleistungsbeschaffung. Die identifizierten Entitäten werden harmonisiert. Aus dem Metamodell werden einheitliche ablaufrelevante Objekte abgeleitet, die die domänenspezifische Modellierung zur Entwicklung von Informationssystemen unterstützen. Die domänenspezifische Erweiterung des Metamodells für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung unterstützt eine einheitliche Semantik und Syntaktik für die Harmonisierung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen. Darauf basierend wird eine integrierte Modellierungsmethode entwickelt.

Das Metamodell berücksichtigt explizit Anforderungen aus der betrieblichen Praxis, die auf der Grundlage praxisnaher Anwendungsfälle definiert werden [HMS+09, HW10b, HW11] und dient als Vorlage für das Design von Informationssystemen. Die domänenspezifische Metamodellerweiterung bildet anforderungsspezifische Entitäten und deren Abhängigkeiten von Geschäftsprozessen und Datenflüssen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung strukturiert ab. Die Anforderungen an die Zusammenhänge von Geschäftsprozessen und Datenflüssen im Rahmen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden erfüllt. Instanzen des Metamodells verfolgen eine einheitliche Semantik für die Beschreibung der Prozessabläufe, um ein gemeinsames Verständnis zu erreichen sowie die Informations- bzw. Datenqualität zu verbessern. Instanzen des Metamodells wurden syntaktisch verifiziert und bspw. durch Expertenbefragungen und Datenerhebungen auf Vollständigkeit validiert. Sie bilden ablaufrelevante Objekte einer integrierten Modellierungsmethode ab. Die Metamodellerweiterung unterstützt die Analyse der Datenflüsse zur Beschreibung von Schnittstellen in inner- und überbetrieblichen Geschäftsprozessen. Auf der domänenspezifischen Metamodellerweiterung basierend sind Anforderungen an E-Business-Lösungen zu definieren und zu entwickeln (siehe Kapitel 9). Die domänenspezifische Metamodellerweiterung definiert die Struktur von Datenaustauschformaten und vereinheitlicht sie mit dem Ziel, der Vielzahl von heterogenen Datenaustauschformaten entgegenzuwirken.

5.2.2 Erweiterte domänenspezifische Anforderungen

An die domänenspezifische Metamodellerweiterung werden erweiterte domänenspezifische Anforderungen definiert.

- **erweiterte Prozessstrukturierung und -modularisierung** (AF_{eDM_1}): Für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung soll die Erweiterung des Metamodells um relevante Prozessphasen sowie um Prozessmodule für bilaterale und multilaterale Kollaborationen ergänzt werden.
- **erweiterte Datenstrukturen und Dokumenttypen** (AF_{eDM_2}): Spezifische Datenstrukturen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung sollen abgebildet werden. Dafür werden Dienstleistungsbeschreibungen um die Beschreibung von industriellen Dienstleistungen erweitert. Eine modulare Produktarchitektur von Dienstleistungsbeschreibungen ermöglicht die Abbildung von einzelnen Leistungen und kombinierten Leistungsangeboten. Aus der Modularisierung von Dienstleistungen ergibt sich die Möglichkeit der Standardisierung und der Variantenbildung. Eine modulare Leistungsbeschreibung wird zu einer Konfiguration und damit zu einer individuellen Leistungsbeschreibung verwendet. Die Modularisierung führt zu abgegrenzten Modulen, die zu kundenindividuellen Dienstleistungen komponiert werden. Dienstleistungen sind kombinierbar und somit mehrfach verwendbar. Der Output von Modulen dient der Modularisierung der Ergebnisdimension. Eine Struktur der Module ermöglicht sowohl standardisierte Leistungsbeschreibungen als auch kundenindividuelle Dienstleistungs-konfigurationen. Die Variantenbildung von Dienstleistungen wird auf der Grundlage der Konfiguration von kundenindividuellen Modulen umgesetzt. Die Erweiterbarkeit ist unter dem Gesichtspunkt einer strategischen Produktgestaltung von Bedeutung. Sie gewährleistet die Anpassungsfähigkeit des Produkts an zukünftige Entwicklungen. Die Planung und Konfiguration einer Dienstleistung ist flexibel auf die Bedürfnisse des Kunden auszurichten. Die Prozessgestaltung der Beschaffung sowie die Dienstleistungsbeschreibung werden flexibel ausgestaltet [YZM08]. Der Austausch einzelner Module einer Dienstleistung erfolgt, sobald sich Inhalte ändern. Dienstleistungen, die dem technischen Fortschritt unterliegen, werden durch weiterentwickelte Dienstleistungen ersetzt. Domänenspezifische Geschäftsdokumenttypen, die in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung verwendet werden, fließen in die Erweiterung des Metamodells ein.
- **bidirektionale Nutzung des Modells (Systemeingabe- und Ausgabeigenschaften)** (AF_{eDM_3}): Das implementierungsunabhängige Metamodell soll als Input und Output von betrieblichen Informationssystemen verwendet werden. Es unterstützt die interne Produktdatenintegration zur Beschreibung von Dienstleistungen, die in anderen Systemen wiederverwendbar sind. Die Modelldaten können konvertiert und transferiert werden.
- **Produktinformation** (AF_{eDM_4}): Im Unterschied zu einer Dienstleistung hebt sich die industrielle Dienstleistung durch den Hybrid aus Produkt und Dienstleistung hervor. Die industrielle Dienstleistung als Dienstleistungsprodukt zeichnet sich als physikalisches Produkt aus. Integrierte Leistungsbündel aus Produkten und Dienstleistungen werden auch Product Service Systems (PSS) genannt [KZK05]. Der Term *Product Service System (PSS)* als Ausdruck einer integrierten Betrachtung von materiellen und nicht-materiellen Produktkomponenten löst die traditionelle Unterscheidung zwischen Mate-

rial und Dienstleistungskomponenten auf [BS04a]. Für die Beschreibung dieser Dienstleistungen werden neben den immateriellen Bestandteilen auch Güter wie Verbrauchsmaterialien, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie weitere Arbeitsmaterialien verwendet. Zwischen der industriellen Dienstleistung und Gütern ist eine starke Beziehung vorhanden, sodass sie in einer formalen Produktstruktur abgebildet werden soll.

- **elektronische Klassifikation** (AF_{eDM_5}): Für eine eindeutige elektronische Beschreibung von industriellen Dienstleistungen wird eine Klassifikationsstruktur benötigt, die eine eindeutige Beschreibung, Zuordnung und Suche von Leistungen in Informationssystemen ermöglichen soll.
- **erweiterte Organisationsstrukturen** (AF_{eDM_6}): Für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung in bilateralen und multilateralen Kollaborationen sollen die beiden Organisationen, der Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager, berücksichtigt und die relevanten Organisationseinheiten der involvierten Organisationen beschrieben werden.
- **erweiterte Ressourcenkonzepte** (AF_{eDM_7}): Die Konzepte der Ressourcensicht sollen um die Klasse der industriellen Dienstleistungen zur Instanziierung von industriellen Dienstleistungen erweitert werden.
- **erweiterte Administrationsstrukturen** (AF_{eDM_8}): In der Administrationsicht sollen spezifische Vertragsstrukturen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung definiert werden.

5.2.3 Modellierung von Teilmodellen

Die Erweiterung des Metamodells wird aus anwendungsorientierter Perspektive in Übereinstimmung mit dem Metamodell in verschiedene Teilmodelle untergliedert. Die Teilmodelle repräsentieren die Teilsichten *Prozess-*, *Daten-*, *Organisations-*, *Ressourcen-* und *Administrationssicht*. Sie werden durch UML-Klassendiagramme abgebildet und beschreiben die relevanten Aspekte der jeweiligen Teilsicht, die miteinander in Beziehung gesetzt werden.

5.2.3.1 Modellerweiterung der Prozesssicht

Im Partialmodell der Prozesssicht werden die Klassen `ProcessPhase` und `ProcessModule` um spezifische Klassen erweitert (siehe Abbildung 71). Die industrielle Dienstleistungsbeschaffung in bilateralen und multilateralen Kollaborationen lässt sich durch spezifische Prozessphasen untergliedern. Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager partizipieren kollaborativ in den einzelnen Prozessphasen über spezifische Schnittstellen. Prozessaktivitäten, Teilprozesse und Geschäftsprozesse werden spezifischen Prozessphasen zugeordnet. In der Prozesssicht wird die Klasse `ProcessPhase` um spezifische Klassen zur Definition von Prozessphasen erweitert.

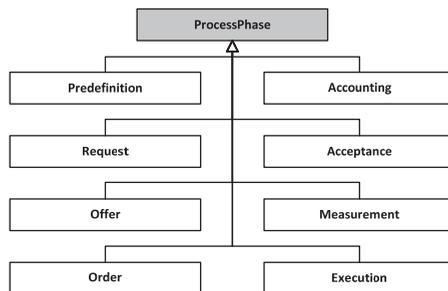


Abbildung 71: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse *ProcessPhase*

Die domänenspezifischen Erweiterungen der Klasse `ProcessPhase` sind durch folgende Klassen bestimmt:

- Klasse `Predefinition`: In der Vereinbarungsphase werden zwischen einem Dienstleistungsanbieter und einem Dienstleistungsnachfrager ein Vertrag sowie ein Leistungsverzeichnis verhandelt und erstellt. Nach Vertragsschluss wird die Leistungserbringung bei Bedarf angefordert, was im Rahmen einer Bestellung oder eines Abrufs erfolgt.
- Klasse `Request`: Auf der Basis eines Vertrags und eines Leistungsverzeichnisses wird ein konkreter Bedarf an Dienstleistungen des Dienstleistungsnachfragers bestimmt.
- Klasse `offer`: Der Dienstleistungsanbieter erstellt ein Dienstleistungsangebot auf der Basis der Anfrage eines Dienstleistungsnachfragers.
- Klasse `order`: Von einem Angebot ausgehend wird ein Auftrag durch den Dienstleistungsnachfrager erstellt. Die Auftragsvorbereitung und -disposition werden getroffen.
- Klasse `Execution`: Der Dienstleistungsanbieter führt die Dienstleistungen für den Dienstleistungsnachfrager aus.
- Klasse `Measurement`: In der Aufmaßphase erfasst der Dienstleistungsanbieter nach Ausführung der Dienstleistung die erbrachten Leistungen und erstellt ein Aufmaß.
- Klasse `Acceptance`: Der Dienstleistungsnachfrager überprüft vor Ort die vollständige und auftragsgerechte Ausführung der erbrachten Dienstleistungen.
- Klasse `Accounting`: In der Abrechnungsphase erstellt der Dienstleistungsnachfrager auf der Basis der erbrachten und abgenommenen Dienstleistungen und des gültigen Aufmaßes eine Rechnung und/oder eine Gutschrift.

Geschäftsprozesse einzelner Prozessphasen werden durch Prozessmodule gekapselt. Einen gekapselten Prozess eines Prozessmoduls führt ein Kollaborationspartner aus. Gekapselte Geschäftsprozesse werden durch unternehmensübergreifende Schnittstellen abgegrenzt. Ein kollaborativer Geschäftsprozess lässt sich in mehrere Prozessmodule strukturieren, die Teilprozesse eines Kollaborationspartners kapseln. Die Klassen `ServiceRequesterProcessModule` und `ServiceProviderProcessModule` erweitern die Klasse `ProcessModule` (siehe Abbildung 72).

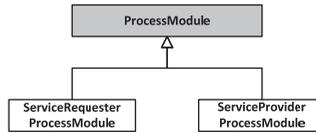


Abbildung 72: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse *ProcessModule*

5.2.3.2 Modellerweiterung der Datensicht

Im Teilmodell der *Datensicht* werden die Klassen *DataObject* und *ServiceDescription* um spezifische Klassen erweitert. Die Klasse *DataObject* bildet eine Superklasse der Klasse *BusinessDocument*. Instanzen der Klasse *BusinessDocument* definiert Modellinstanzen von Geschäftsdokumenten, die in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung verwendet und ausgetauscht werden. Die Klasse *BusinessDocument* stellt eine Superklasse spezifischer Ausprägungen von Geschäftsdokumenten dar, die durch die Klassen *ServiceSpecification*, *ContractAgreement*, *OfferRequest*, *Offer*, *Order*, *OrderNegociation*, *OrderConfirmation*, *AcceptanceProtocol*, *Measurement*, *Invoice*, *CreditMemo* und *PaymentConfirmation* repräsentiert werden und den Datenfluss in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung gestalten (siehe Abbildung 73). Der Dokumenttyp *ServiceSpecification* spezifiziert Leistungsbeschreibungen. Ein Leistungsverzeichnis wird durch einen Produktkatalog beschrieben. Für die elektronische Abbildung von Dienstleistungen mit Hilfe von dienstleistungsorientierten Stammdaten und Bewegungsdaten sind Verzeichnisse für deren strukturierte Beschreibung in Form einer Ablage bzw. Speicherung für die Systemverfügbarkeit in Informationssystemen bereitzustellen.

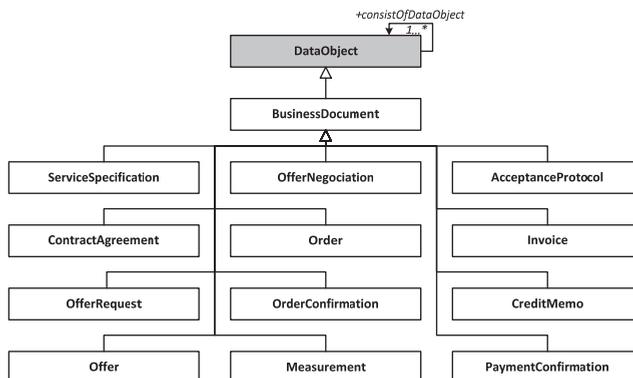


Abbildung 73: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse *DataObject*

Hierzu bieten sich aus der betrieblichen Praxis zwei verschiedene Varianten an: Leistungsverzeichnisse und Produktkataloge. Leistungsverzeichnisse dienen der Beschreibung von Leistungen in strukturierter Form. Die Beschreibung von Leistungen in Leistungsverzeichnissen erfolgt aktuell in der betrieblichen Praxis auf proprietäre Weise. So beschreibt jedes Unternehmen seine angebotenen oder ausgeschriebenen Leistungen individuell. Als Formate (Datenformate) zur Beschreibung von Leistungen werden EDIFACT-Derivate, Excel-Formate oder XML-Formate verwendet. GAEB bietet beispielsweise mit STL-Bau eine standardisierte Ausschreibungsvorlage als Hilfsmittel zum Erstellen einfacher Leis-

tungsverzeichnisse an. Der Dokumenttyp `ContractAgreement` beschreibt die zugrunde liegenden vertraglichen Bedingungen und verweist auf ein zugehöriges Leistungsverzeichnis. Eine Instanz der Klasse `offerRequest` führt die Anforderungen und damit den Bedarf der zu erbringenden Leistungen aus und basiert auf Leistungsspezifikationen, die durch ein Leistungsverzeichnis erstellt werden. Der Dokumenttyp `offer` bepreist auf der Basis des Dokumenttyps `offerRequest` (mit möglichen Änderungen) die angefragten Leistungen. Ergebnisse, die während der Verhandlung eines Angebots feststehen, werden im Dokumenttyp `offerNegociation` beschrieben. Der Dokumenttyp `order` bildet die Bestätigung und Annahme des Angebots ab, was zur Beauftragung des Dienstleisters mit der Erbringung der Leistungen führt. Die `OrderConfirmation` stellt die Annahme des Auftrags seitens des Dienstleisters dar. Das Aufmaßdokument `Measurement` dokumentiert die Leistungserfassung der tatsächlich erbrachten Leistungen, die ex post bestimmt werden. Der Dokumenttyp `AcceptanceProtocol` weist die beauftragten Leistungen und die tatsächlich erbrachten Leistungen aus und lässt mögliche Unterschiede ersichtlich werden. Die Dokumenttypen `Measurement` und `AcceptanceProtocol` existieren nicht im Rahmen des Beschaffungsprozesses von Sachgütern (Materialbeschaffungsprozess) und zeigen damit einen wichtigen Unterschied zwischen Dienstleistungs- und Materialbeschaffungsprozess auf. Das Rechnungsdokument `Invoice` stellt auf der Basis des Abnahmeprotokolls und des zugrunde liegenden Auftrags die beauftragten und erbrachten Leistungen zusammen und bewertet sie monetär. Die Gutschrift `CreditMemo` wird durch den Dienstleistungsempfänger ausgestellt und kommt der Forderung des Dienstleistungserbringers an den Kunden nach. Die Zahlungsbestätigung `PaymentConfirmation` konfirmiert den Zahlungseingang beim Dienstleistungserbringer. Die Klasse `BusinessDocument` erweitert damit auch die Instanzen der Klasse `DataObject`. Instanzen der Klasse `ProcessInterface` werden durch Datenobjekte definiert. Geeignete Schnittstellen in Geschäftsprozessen sind für die spezifischen Geschäftsdokumententypen zu definieren und bereitzustellen. Als Grundlage für die Abbildung von Dienstleistungen in betrieblichen Informationssystemen dienen *Produktmodelle*¹²⁷. Eine industrielle Dienstleistung ist ein Konglomerat aus mehreren Produkt- und Dienstleistungspositionen, die zu einem Dienstleistungsprodukt kombiniert werden. Eine *Dienstleistungsbündelung* liegt vor, wenn einzelne Teil-Dienstleistungen zu einer neuen Dienstleistung zusammengefasst werden. Die Bündelung von Dienstleistungen wird vor allem dazu verwendet, um Kundenbedürfnisse nicht nur punktuell zu erfüllen, sondern auch ihnen mit Komplettlösungen nachzukommen [FM99]. Ein Dienstleistungsprodukt ist das Bündel der zur Erbringung der Dienstleistung benötigten Subdienstleistungen, Ressourcen und Produkte. Eine industrielle Dienstleistungsbeschreibung¹²⁸ besteht aus mehreren Leistungspositionen, Materialpositionen und Maschinenpositionen (siehe Abbildung 74).

¹²⁷ Ein *Produktmodell* ist ein Begriff aus dem Bereich des *Produktdatenmanagements*. Im Produktmodell werden alle produktdefinierenden Informationen abgebildet, die im Produktentwicklungsprozess entstehen. Dementsprechend ist das Produktmodell die Ausprägung des konzeptionellen Produktmodells für ein Produkt [Mö05]. Nach Genderka [Ge95] ist ein Produktmodell „ein Teil des Unternehmensdatenmodells und bildet als Träger der Produktinformation alle charakteristischen Merkmale und Daten eines Produktes [...] ab und ist implementierungsunabhängig“.

¹²⁸ Existierende Ansätze zur Beschreibung von Dienstleistungen in der wissenschaftlichen Literatur sind bspw. *H2-ServPay* [BBB+08], *konfigurative Prozessmodellierung der hybriden Leistungserstellung* [BKK+08], *Hypro-Design* [BBK+09b], *kundenindividuelle Konfiguration von produktnahen Dienstleis-*

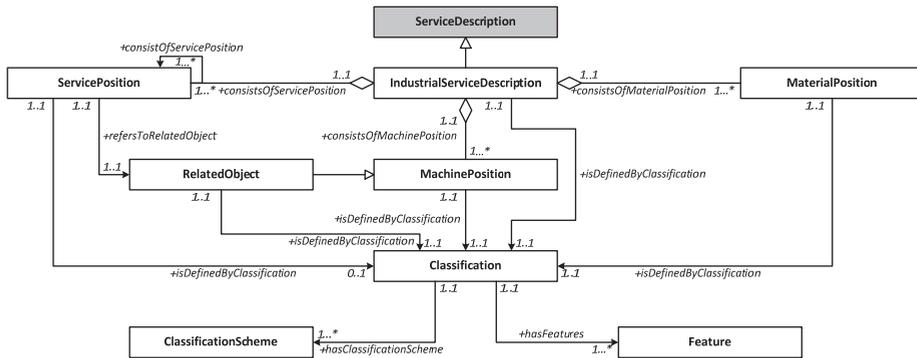


Abbildung 74: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse *ServiceDescription*

Damit wird ein hybrides Dienstleistungsprodukt beschrieben. Der immaterielle Anteil (Leistungspositionen) ist durch die Klasse `ServicePosition` zu bestimmen. Materielle Anteile werden durch die Klassen `MaterialPosition` und `MaschinePosition` definiert. Leistungspositionen beschreiben und definieren einfache und komplexe Leistungsbeschreibungen. Materialpositionen bilden Verbrauchsmaterialien, Hilfs- und Betriebsstoffe (Verbrauchs- bzw. Vorleistungsgüter) ab sowie weitere Arbeitsmaterialien (Gebrauchs- bzw. Produktionsgüter). Verbrauchsgüter (bspw. Schrauben oder Schmieröl) werden während der Leistungserbringung verbraucht. Maschinenpositionen definieren Gebrauchsgüter sowie Investitionsgüter wie Maschinen oder Produktionsanlagen, die zur Ausführung verwendet werden. Um unterschiedliche Kombinationen (Varianten) zu bieten und Dienstleistungen zu konfigurieren, wird eine Dienstleistungsbeschreibung aus Leistungs-, Material- und Maschinenpositionen durch Hierarchiebildung und Verkettung modular kombiniert. Die Klasse `RelatedObject` bildet eine Subklasse der Klasse `MaschinePosition` und beschreibt das Objekt (externer Faktor), an dem die Dienstleistung erbracht wird. Ein externer Faktor ist ein physikalischer Ort und bei investiven industriellen Dienstleistungen ein maschinelles Gut wie bspw. eine Produktionsanlage. Da die Produkte häufig von Bedarfsträgern bestellt werden, die das jeweilige Produktportfolio im Vergleich zu professionellen Einkäufern weniger gut kennen, sollen innerhalb des Sortimentes die richtigen Leistungen schnell aufgefunden werden. Diese Anforderung lässt sich auch für Dienstleistungen umsetzen, wenn sie in einem hierarchischen Baum gemäß einem Standardklassifikationssystem gruppiert sind [DLS03]. Klassifikationssysteme ermöglichen eine Typisierung im Sinne einer systematischen Einordnung von Objekten in Klassen und deren Beschreibung durch Merkmale. Unter einer Klassifikation wird ein System von Begriffen oder eine strukturierte Sammlung von Begriffen verstanden, die nach ihren Beziehungen untereinander aufgebaut sind. Jeder Begriff ist durch einen systematischen Code, seine spezifischen Merkmale und seine Position im System festgelegt. Es existieren bisher nur wenige Klassifikationsansätze für Dienstleistungen, die jedoch die Voraussetzungen des E-Business für Dienstleistungen nicht erfüllen und nur unzureichend umsetzen. Diese Klassifikationsansätze bilden weder eine branchen- bzw. domänenspezifische Klassenstruktur von Dienst-

tionen [He00] und *Y-CIM Model for Services* [HK06b]. Weitere Ansätze lassen sich in Becker et al. [BBK08b], Bötcher et al. [BF09], Botta [Bo07], Emmerich [Em05], Morelli [Mo02], Scheer et al. [SGK06] und Shostak [Sh82] finden.

leistungen ab, noch bestimmen sie dienstleistungsspezifische Merkmalsstrukturen. Für eine elektronische Beschreibung von industriellen Dienstleistungen wird eine spezifische Klassifikationsstruktur benötigt, um eine eindeutige Beschreibung, Zuordnung und Suche von Leistungen in Informationssystemen abzubilden¹²⁹. Für eine präzise und eindeutige elektronische Beschreibung werden die industrielle Dienstleistungsbeschreibung `IndustrialServicePosition`, Dienstleistungs-, Material- und Maschinenpositionen der Klassen `ServicePosition`, `MaterialPosition` und `MachinePosition` durch eine Klassifikationsstruktur (`Classification`) klassifiziert. Jede Positionsklasse sowie die Klasse `IndustrialServiceDescription` ist mit der Klasse `Classification` verknüpft. Die Klasse `ServicePosition` ist als Dienstleistungsposition klassifiziert und enthält weitere Subdienstleistungspositionen. Wird eine Dienstleistungsposition aufgrund ihrer Granularität nicht klassifiziert, so ist ihr kein Klassifikationsschema zuzuweisen. Nicht-klassifizierbare Dienstleistungspositionen werden durch proprietäre sowie existierende Dienstleistungsbeschreibungen bspw. auf der Basis der VDMA¹³⁰ dargestellt. Die Klasse `Classification` ist mit den Klassen `ClassificationScheme` und `Features` verknüpft. Die Klasse `ClassificationScheme` weist jeder Positionsklasse ein Klassifikationsschema (Klassifikationssystem) zu. Die Klasse `Features` definiert Merkmale der Positionsklassen und der Klasse `IndustrialServicePosition`.

5.2.3.3 Modellerweiterung der Organisationssicht

Im Partialmodell der Organisationssicht werden die Klassen `Organization` und `OrganizationalUnit` erweitert. Die industrielle Dienstleistungsbeschaffung ist aus der Sicht einer bilateralen Kollaboration zu betrachten. Aus einer Vielzahl von bilateralen Kollaborationen besteht eine multilaterale Kollaboration. In dieser Arbeit wird die vertikale Integration der Organisationen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager unter der Berücksichtigung der besonderen Charakteristika von industriellen Dienstleistungen in der Beschaffung fokussiert. Die Beschaffung industrieller Dienstleistungen basiert auf bilateralen Wertschöpfungspartnerschaften. Mehrere Dienstleistungsanbieter kollaborieren mit einem oder mehreren Dienstleistungsnachfragern in einem industriellen Dienstleistungsnetzwerk. Dazu werden die Organisationen eines Dienstleistungsanbieters (`ServiceProvider`) und eines Dienstleistungsnachfragers (`ServiceRequester`) definiert. Im Maschinen- und Anlagenbau besteht zwischen einem Hersteller einer Anlage und einem Betreiber einer Anlage ein enges Beziehungsgeflecht: Der Betreiber nutzt das Gut, was der Hersteller entwickelt und produziert hat und stellt damit seine Güter her. Hersteller und Betreiber von Investitionsgütern können beide Rollen innehaben. Ein Betreiber ist gleichzeitig ein Hersteller, wenn er mit Investitionsgütern eines Herstellers andere Investitionsgüter produziert. Anbieter von industriellen Dienstleistungen nehmen im Rahmen der Leistungserbringung unterschiedliche Rollen ein. Interne Dienstleistungsanbieter eines Unternehmens erbringen in dustrielle Dienstleistungen innerhalb des Unternehmens. Dienstleistungsnachfrager sind Organisationseinheiten desselben Unternehmens. Externe Dienstleistungsanbieter erstellen

¹²⁹ Die entwickelte Klassifikationsstruktur für industrielle Dienstleistungen am Beispiel der Instandhaltung wird in Kapitel 9 vorgestellt.

¹³⁰ Der VDMA bietet so genannte VDMA-Einheitsblätter an, die Dienstleistungen für Maschinen und Anlagen einheitlich festlegen und beschreiben [VDMA12].

Dienstleistungen für andere Unternehmen. Teile von zu erbringenden Dienstleistungen werden durch weitere interne oder externe Dienstleistungsanbieter (Subdienstleister) übernommen. Ein interner Dienstleistungsanbieter kann auch als externer Dienstleistungsanbieter für externe Dienstleistungsnachfrager agieren. Die Klasse `Organization` wird um die beiden Klassen `ServiceRequester` und `ServiceProvider` erweitert (siehe Abbildung 75).

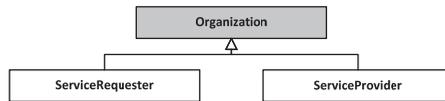


Abbildung 75: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse `Organization`

In der industriellen Dienstleistungsbeschaffung sind unterschiedliche Abteilungen in Unternehmen eingebunden. Menschliche Ressourcen unterschiedlicher Abteilungen in Organisationen nehmen über eine Rolle an Kollaborationen teil. Für die Strukturierung betrieblicher Aufgaben und für die damit verbundene Spezialisierung, Arbeitsteilung und Koordination sind adäquate Aufbau- und Ablaufstrukturen erforderlich. Die Organisation ist darauf ausgerichtet, die Geschäftsprozesse optimal zu unterstützen. Aufgaben sind auf Personen und Abteilungen zu verteilen [FB05]. Die Aufbauorganisation beschäftigt sich mit der Zuordnung von Aufgaben zu Aufgabenträgern [KH02]. Die Klasse `OrganizationalUnit` wird um die spezifische Klassen `Finance`, `Procurement`, `Legal`, `Planning`, `Logistics`, `Operating` und `Sales` erweitert (siehe Abbildung 76).

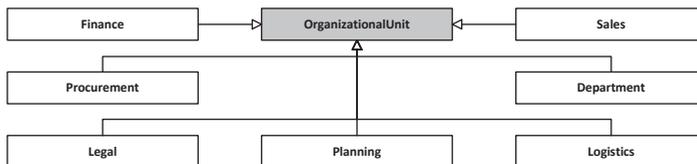


Abbildung 76: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse `OrganizationalUnit`

Der Bedarf einer industriellen Dienstleistung wird durch eine Fachabteilung (`Department`) innerhalb einer Organisation des Dienstleistungsnachfragers angezeigt. Die Anforderungen beschreibt ein Mitarbeiter und übergibt sie an den Einkauf. Der Bereich der Planung (`Planning`) ist für die operative Planung der Aktivitäten im Unternehmen zuständig. Für viele Dienstleistungen erweist sich eine individuelle Planung und Gestaltung als notwendig. Die Planung beschränkt sich bei Dienstleistungen nicht auf einen abgegrenzten Produktionsbereich, sondern berücksichtigt einen weitaus größeren Bereich an Unternehmensaktivitäten. Sind die Leistungen geplant und vom Dienstleistungsnachfrager beauftragt, so werden sie durch den Einkauf (`Procurement`) beschafft. Bei vielen Leistungen besteht keine klassische Beschaffung von feststehenden Leistungen, stattdessen findet eine Auftragsvergabe statt. Die Beschaffung erfolgt in weiten Teilen leistungsspezifisch und somit einzelfallbezogen [SM09]. Eine genaue Leistungsspezifikation wird durch Interaktion zwischen Anbieter und Nachfrager erarbeitet (siehe `Legal`). Damit ist eine Erbringung der Leistung nicht vor Absatz der Leistung möglich, zugleich entsteht das absatzfähige Produkt erst durch die Erbringung der Leistung. Die Integration der Leistungen erfolgt meist direkt am Objekt, sodass auf Seiten des Dienstleistungsanbieters keine Lagerhaltung erforderlich ist. Eine weitere Herausforderung stellen unterschiedliche Zeitpunkte dar, zu denen eine Beschaffung

erfolgt. Denn nicht alle Beschaffungsvorgänge lassen sich genau zwischen Planung und Leistung einordnen. Ist zur Planung der Leistung eine Spezifikation durch den Lieferanten erforderlich, so beginnt der Beschaffungsprozess bereits in der Planungsphase. Auf der anderen Seite kann der Bedarf an einer Leistung auch erst in der Leistungsphase oder der Nachkontaktphase entstehen. Die Abteilung Vertrieb (**sales**) des Dienstleistungsanbieters führt die Unterstützung, Planung, Vorbereitung und Durchführung des Kontakts mit dem Dienstleistungsnachfrager durch. Die Abteilung ist für die Erstellung von Angeboten auf Anfrage eines Nachfragers zuständig. Der Verkauf stellt Dienstleistungen über elektronische Produktkataloge oder Leistungsverzeichnisse nach Kundenwunsch zusammen. Stimmt ein Dienstleistungsnachfrager einem Angebot zu, so übernimmt der Verkauf die Auftragserfassung und Auftragsprüfung. Die Auftragserfassung erfolgt auf der Basis eines verhandelten Angebots mit dem Dienstleistungsnachfrager. Bei der Auftragsprüfung werden technische Prüfungen (eingesetzte Materialien), Bonitätsprüfungen (Bonität des Dienstleistungsnachfragers) oder Terminprüfungen (Termin der Ausführung) vorgenommen. Der Bereich der Logistik (**Logistics**) ist für die Abwicklung des Wareneingangs und Warenausgangs inklusive der Lagerhaltung zuständig. Während die Logistik beim Sachgüterhersteller Teil der primären Wertschöpfungsaktivitäten ist und das Bestellwesen eine unterstützende Rolle hat, verhält es sich bei Dienstleistungen umgekehrt. Das Bestellwesen ist ein zentraler Teil der Wertschöpfung, da die Beschaffung leistungsindividuell erfolgt und eine sehr enge Interaktion mit den Lieferanten besteht. Die Logistik spielt eine unterstützende Rolle bei der Leistungserstellung und stellt die materiellen Anteile der Leistungserstellung bereit. Eine direkte Integration und die Verlagerung der Leistungserstellung auf Lieferanten oder die Bereitstellung von Materialien durch den Dienstleistungsnachfrager begrenzen die logistischen Prozesse des Anbieters. Die Buchhaltung (**Finance**) ist für die Abwicklung der Zahlungsvorgänge an Kreditoren und von Debitoren zuständig. Bei einer weiteren Fassung des Bereiches zählen auch die Kosten und Leistungsrechnung sowie das Controlling in diesen Bereich. Bestellungen von Dienstleistungsnachfragern an Dienstleistungsanbieter sind bei industriellen Dienstleistungen teilweise weniger konkret und haben dadurch mehr Auftragscharakter. Der Inhalt der Rechnung ist erst zu spezifizieren, bevor die Rechnung kontrolliert bzw. erstellt wird. Teilweise ist die Kundenrechnung auch von einer Lieferantenrechnung abhängig, sodass hier weitere Abhängigkeiten zu berücksichtigen und zusätzliche Informationsaustausche notwendig sind [BS05]. Die Rechtsabteilung (**Legal**) ist bei Kundenlösungen vor allem mit einem geänderten Vertragstyp konfrontiert, der stärker die Beziehung der Partner als die genauen Leistungen spezifiziert, was Kontrolle und Durchsetzung der Vertragserfüllung erschwert [Ko10a]. In der Vereinbarungsphase nehmen der Anbieter und der Nachfrager die Spezifikation der Leistung und der Gegenleistung vor. Die Diskussion über die Vertragsdetails hat das Ziel, eine Übereinkunft zu treffen und sie im Erfolgsfall durch einen Vertrag zu dokumentieren [Sc03a]. Während bei Sachleistungen das Leistungsangebot des Anbieters zu diesem Zeitpunkt meist vollständig feststeht, ist dies bei Dienstleistungen nicht der Fall: Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager entwerfen erst eine Leistung, die Leistungszusammenstellung ist individuell. Der Kunde legt seine Vorstellungen dem Anbieter offen und der Anbieter nimmt diese Anforderungen auf. Je nach Leistung entwickelt der Anbieter eine genaue Kenntnis über die Abläufe beim Kunden, in die seine Lösung eingebettet wird

[Sc08a]. So stellt sich das Problem, dass der Vertrag zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses nicht vollständig ist, da die Leistungen noch nicht in allen Einzelheiten spezifiziert und vorhandene Risiken und Unsicherheiten nicht vollständig erfasst werden können. Der Vertrag ist unvollständig, da eine vollständige Regelung des Vertragsgegenstands nicht möglich ist. Stattdessen basiert er auf Annahmen, Versprechen und Vermutungen und lässt flexible Reaktionen auf veränderte Zustände zu.

5.2.3.4 Modellerweiterung der Ressourcensicht

Im Teilmodell der *Ressourcensicht* wird die Klasse `Service` um die Klasse `IndustrialService` erweitert. Die Klasse `IndustrialService` ermöglicht die Instanziierung von industriellen Dienstleistungen als Ressourcen (siehe Abbildung 77).

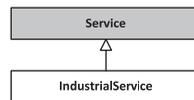


Abbildung 77: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse `Service`

5.2.3.5 Modellerweiterung der Administrationsicht

Vertragliche Strukturen definieren die rechtlichen Grundlagen der Zusammenarbeit in Kollaborationen der Dienstleistungsbeschaffung. Rahmenbedingungen über Fristen, Serviceleistungen und weitere Vertragsvereinbarungen werden zwischen den Kollaborationsteilnehmern definiert. Als Grundlage vertraglicher Vereinbarungen können kurzfristige und langfristige Vertragsarten definiert werden. Im Partialmodell der *Administrationsicht* wird die Klasse `LegalAgreement` um die spezifischen Klassen `IndividualContract`, `ContractAgreement` und `FrameworkContract` erweitert (siehe Abbildung 78). Bei der Beschaffung von Dienstleistungen auf der Basis von kurzfristigen Verträgen werden Dienstleistungen mit Werkverträgen oder mit Dienstverträgen (§611 BGB [BGB12a]) beschafft. Enthält eine Vereinbarung ein bestimmtes Ergebnis, z. B. Lohnfertigung eines bestimmten Zeichnungsteils, so liegt ein Werkvertrag vor. Wenn dagegen die Dienstleistung als Prozess gefordert ist, dann besteht ein Dienstvertrag. Mit einem Werkvertrag (§631 BGB [BGB12b]) bestellt ein Abnehmer bei einem Lieferanten die Herstellung eines „*Werkes*“. Langfristige Verträge werden bei Mehrfachbelieferungen definiert. Um eine langfristige Übernahme von Dienstleistungen zwischen zwei Vertragspartnern zu sichern, sind in der Praxis Rahmenverträge bzw. Wartungsverträge abzuschließen, die die Instandhaltung von Maschinen, Anlagen oder Geräten zwischen Kunden und Dienstleistern vertraglich regeln. Bei Sukzessivlieferungsverträgen wird die Ausführung einer bestimmten Anzahl an Dienstleistungen in einem festen Zeitraum definiert. Abrufverträge sind eine Variante von Sukzessivlieferungsverträgen. Es werden feste Termine (Zyklen) für die Ausführung von Dienstleistungen vereinbart. Der Dienstleistungsnachfrager nimmt sie durch einen Abruf der Dienstleistungen in Anspruch. Bei einer langfristigen Kunden-Lieferanten-Bindung werden Basis- und Rahmenverträge vereinbart.

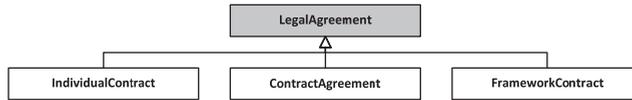


Abbildung 78: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse *LegalAgreement*

Ein Basisvertrag regelt die Grundsätze der rechtlichen Beziehungen. Dienstleistungen verschiedener Beschaffungsobjektgruppen sowie Maßnahmen der Qualitätssicherung werden festgelegt. Basisverträge sind unbefristet, Rahmenverträge üblicherweise auf ein Jahr befristet und regeln den engeren Rahmen für Einzelverträge, die in dieser Zeit abgeschlossen werden. In Rahmenverträgen sind die innerhalb der Laufzeit geplanten Leistungsbezüge definiert. Bei vielen Dienstleistungen wird häufig ein ständiger Wartungsvertrag (Rahmenvertrag) gefordert. Ein Wartungsvertrag ist eine Erweiterung des Abrufauftrags unter Vergabe einer Auftragsnummer (entweder durch Vergabe einer neuen Auftragsnummer oder Aufrechterhaltung der alten Auftragsnummer) und besitzt als Schwerpunkt spezifische Erfüllungsvereinbarungen für die Herstellung eines *Werkes* oder für industrielle Dienstleistungen. Der Kunde ruft für einen bestimmten Zeitpunkt eine konkrete Leistung oder eine Teilleistung ab. Der Rahmenvertrag ist eine auf Langfristigkeit ausgelegte individuelle Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern und bildet die Grundlage für konkrete wiederkehrende Bestellungen innerhalb einer definierten, auf die Zukunft gerichteten Planperiode [KR06]. Er wird als Wertkontrakt oder Mengenkontrakt definiert. Bei Wertkontrakten liegen Vereinbarungen über Zieleinkaufsvolumen und teilweise bereits Preise für die Leistungen vor. Bei Mengenkontrakten sind Planmengen, Preise und Lieferfristen festgelegt. Die Verhandlungen über die Konditionen werden nur einmal pro Jahr geführt. Wert- und Mengenkontrakte beinhalten im Gegensatz zu Abrufverträgen keine Abnahmeverpflichtung durch den Dienstleistungsnachfrager und keine bindende Zusage des Dienstleistungsanbieters. Allen kurz- und langfristigen Vertragsvereinbarungen liegen allgemeine Einkaufsbedingungen zugrunde, die **Allgemeinen Geschäftsbedingungen** (AGB) des Abnehmers darstellen [La09].

5.3 Beispiel Modellinstanz

Eine Instanz der vorgestellten domänenspezifischen Metamodellerweiterung wird am Beispiel der *Beschaffung der Wartung einer lufttechnischen Anlage* als präventive Instandhaltungsmaßnahme auf der Basis eines *Rahmenvertrags* beschrieben. Die Organisationen *A* und *B* sind als Organisationen an der Dienstleistungsbeschaffung beteiligt. Das vorgestellte Metamodell beschreibt ausschließlich die abstrakte Syntax der Modellierungssprache, sodass die Darstellung der Modellinstanz auf der Basis von UML-Klassendiagrammen erfolgt. In der Modellinstanz werden Metamodellelemente durch Kennzeichnung referenziert, d. h.: Die Instanziierung der Metamodellelemente sind in den Modellelementen durch `<<Metamodellelement>>` dargestellt (siehe Abbildung 79).



Abbildung 79: Metamodellelementkennzeichnung der Modellelemente

5.3.1 Beschreibung der Teilmodellinstanzen

Die Modellinstanz wird durch vier Teilmodelle der *Prozess-*, *Daten-*, *Organisations-*, *Ressourcen-* und der *Administrationssicht* beschrieben. Eine Modellinstanz unterstützt Fachanwender und Modellierer bei der Erstellung komplexer Geschäftsprozessmodelle zur Beschreibung des Kontroll- und Datenflusses, indem sie durch eine Grammatik eine konkrete Syntax bereitstellt. Ablaufrelevante Instanzen eines Serviceprozessmodells werden modelliert und analysiert.

5.3.1.1 Teilmodellinstanz: Teilmodell der Prozesssicht

Das Teilmodell *Prozesssicht* der Modellinstanz beschreibt den Zusammenhang von Prozesselementen in der Prozessphase *Auftragsphase* (siehe Abbildung 80).

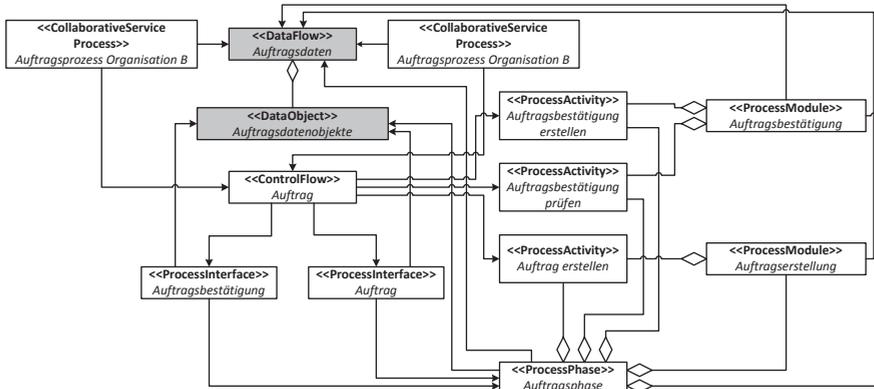


Abbildung 80: Teilmodell der Prozesssicht der Modellinstanz

Die Prozessphase besteht aus den Prozessmodulen *Auftragsbestätigung* und *Auftragserstellung*. Die Prozessphase und die Prozessmodule werden durch den Datenfluss gesteuert. Das Prozessmodul *Auftragsbestätigung* beinhaltet die Aktivitäten *Auftragsbestätigung erstellen* und *Auftragsbestätigung prüfen*. Das Prozessmodul *Auftragserstellung* enthält die Aktivität *Auftrag erstellen*. Die Prozessschnittstellen *Auftrag* und *Auftragsbestätigung* sind wie die Prozessaktivitäten Teil des Kontrollflusses und werden in der *Auftragsphase* definiert. Die Prozessschnittstellen bestimmen die Datenobjekte *Auftragsdatenobjekte* als Teil des Datenflusses. Der Kontrollfluss *Auftrag* wird durch zwei kollaborative Teilprozesse *Auftragsprozess Organisation A* und *Auftragsprozess Organisation B* beschrieben. Die kollaborativen Teilprozesse steuert der Datenfluss *Auftragsdaten*.

5.3.1.2 Teilmodellinstanz: Teilmodell der Datensicht

Im Teilmodell *Datensicht* der Modellinstanz wird der Datenfluss *Auftragsdaten* in der Prozessphase *Auftragsphase* durch die Datenobjekte *Auftragsdatenobjekte* beschrieben (siehe Abbildung 81). Das Partialmodell der *Datensicht* instanziiert die Modellinstanzen eines Auftragsdokuments *Dienstleistungsauftrag*, eines Auftragsbestätigungsdokuments *Dienstleistungsauftragsbestätigung* und einer industriellen Dienstleistungsbeschreibung *Wartung* für die Beschreibung der Dienstleistung *Wartung einer lufttechnischen Anlage*. Die Dienst-

leistungsbeschreibung erfasst drei Dienstleistungspositionen *Prüfung Verschmutzung*, *Funktionserhaltende Reinigung* und *Geräuschprüfung*, die als Subdienstleistungen ohne Klassifikation nach dem Standard VDMA 24186-1 [VDMA02] beschrieben sind. In der Dienstleistungsbeschreibung werden die Materialposition *Schraubenschlüssel*, die Maschinenposition *Druckluftkompressor* und der aus der Beschreibung vorgestellte externe Faktor *Raumlufttechnische Anlage* definiert. Die Materialposition, Maschinenposition und der externe Faktor werden über eine Klassifikationsstruktur identifiziert und beschrieben. Merkmale für die Klassifikationsstrukturen werden über Attribute, Attributtypen und Zugriffsmodifikatoren definiert. Sie bestimmen und identifizieren Material-, Maschinen- und Leistungspositionen.

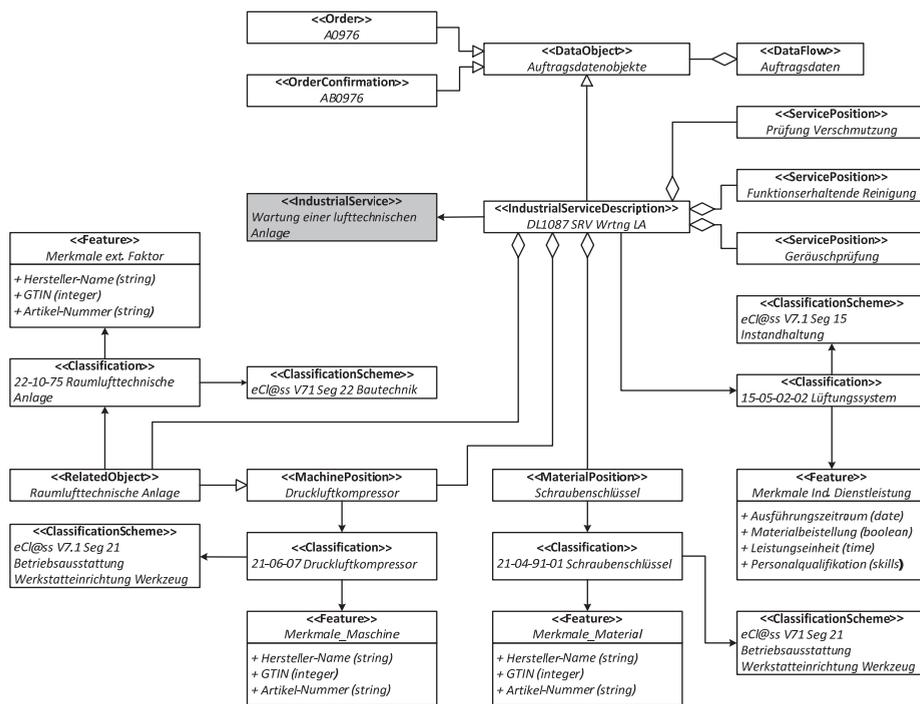


Abbildung 81: Teilmodell der Datensicht der Modellinstanz

Die Material- und Maschinenposition sowie der externe Faktor sind durch die Merkmale *Hersteller-Name*, *GTIN* und *Artikel-Nummer* bestimmt. Die industrielle Dienstleistungsbeschreibung wird durch die Merkmale *Ausführungszeitraum*, *Materialbestellung*, *Leistungseinheit* und *Personalqualifikation* festgelegt.

5.3.1.3 Teilmodellinstanz: Teilmodell der Organisations- und Ressourcensicht

Im Partialmodell *Organisation- und Ressourcensicht* der Modellinstanz sind an der Dienstleistungsbeschaffung der Dienstleistungsressource *Wartung einer lufttechnischen Anlage* die Organisationen *A* und *B* beteiligt. Die jeweiligen kollaborativen Rollen *Sales Manager* und *Procurement Manager* werden durch die menschlichen Ressourcen *Herbert Maier* bzw. *Walter Huber* erfüllt. Als Organisationseinheiten partizipieren die Abteilungen *Ver-*

kauf und Einkauf. Die Organisationen und Abteilungen verfügen über die jeweiligen Standorte *Karlsruhe* bzw. *Frankfurt am Main*, die über weitere Attribute beschrieben werden (siehe Abbildung 82).

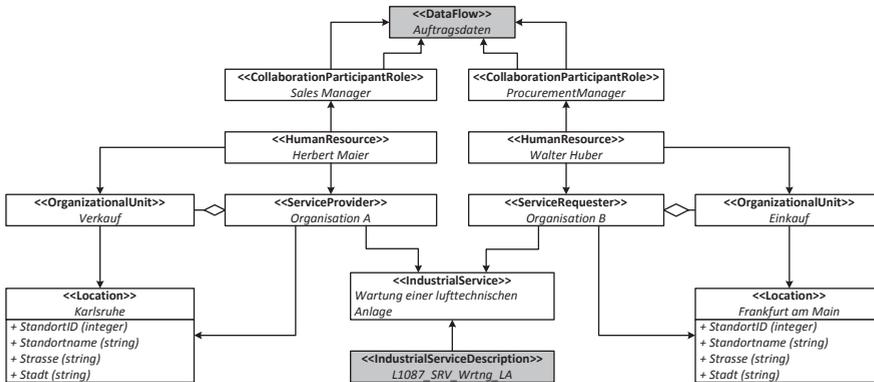


Abbildung 82: Teilmodell der Organisations- und Ressourcensicht der Modellinstanz

5.3.1.4 Teilmodellinstanz: Teilmodell der Administrationsicht

Im Partialmodell *Administrationsicht* der Modellinstanz intendieren die kollaborativen Teilprozesse *Auftragsprozess Organisation A* und *Auftragsprozess Organisation B*, die *Prozessdurchlaufzeit zu verbessern*. Die Zielerreichung ist maßgeblich abhängig von den Faktoren der *Prozessdurchlaufzeit* und den *internen Prozesskosten*. Die internen Prozesskosten resultieren im Wesentlichen aus dem Einsatz von Ressourcen. Für die Organisationen ist es wichtig, eine geringe, effiziente Durchlaufzeit und zugleich einen möglichst geringen Ressourceneinsatz zu erreichen. Die Festlegung dieser Faktoren erfolgt über einen *Wartungsvertrag*, der als Rahmenvertrag den Abruf von Wartungsdienstleistungen definiert. Der Wartungsvertrag wird zwischen den Organisationen *A* und *B* definiert (siehe Abbildung 83).

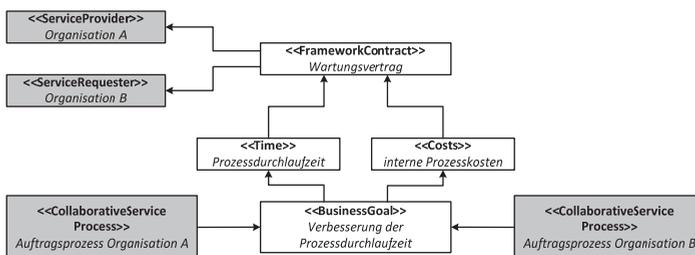


Abbildung 83: Teilmodell der Administrationsicht der Modellinstanz

5.4 Identifikation von ablauffrelevanten Objekten

Für die Entwicklung einer integrierten Modellierungsmethode (siehe Kapitel 6) sowie von Datenaustauschformaten (siehe Kapitel 9) werden *ablauffrelevante Objekte*¹³¹ des Metamodells und der domänenspezifischen Metamodellerweiterung identifiziert. Ablaufrelevante Objekte sind für die Ausführung von Geschäftsprozessen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung unmittelbar notwendig. Im Kontext dieser Arbeit sind ablauffrelevante Objekte von Bedeutung, um die Dienstleistungsbeschaffung prozessual zu erfassen und zu analysieren. Sie werden als statische oder dynamische Prozessstrukturen (Kontrollflussstrukturen) und als Datenfluss (Datenflussstrukturen) aufgefasst. Die domänenspezifische Erweiterung des Metamodells *eMSP* dient als Bezugsrahmen für die Identifikation dieser Objekte. Es werden Objekte identifiziert, die für die Gestaltung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten gemäß der Erweiterung des Metamodells relevant sind. Nicht ablauffrelevante Objekte finden in der Ausführung von Geschäftsprozessen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung keine unmittelbare Berücksichtigung. Es lassen sich elementare und komplexe Datentypen für den elektronischen Datenaustausch ableiten. Sie dienen der Typisierung atomarer Datenelemente und bestimmen zulässige Werte von Datenelementen, die in datenverarbeitenden Systemen, den Informationssystemen, verwendet werden. Klasseninstanzen der *Datensicht* sind ablauffrelevant. Alle Informationen werden für die Ausführung von Geschäftsprozessen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung benötigt. Für die Ausführung von teilautomatisierten oder manuellen Aktivitäten in Geschäftsprozessen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung sind personelle oder maschinelle Ressourcen notwendig. Instanzen der *Organisations- und Ressourcensicht* sind ablauffrelevante Instanzen. Organisationen, Organisationseinheiten sowie menschliche Ressourcen müssen identifiziert und beschrieben werden. Instanzen der Klassen aus der *Prozesssicht* sind ablauffrelevant. Die Klassen beschreiben Objekte, die für die Gestaltung der Geschäftsprozesse relevant sind. Klasseninstanzen der *Administrationssicht* sind teilweise, Instanzen der Klasse `LegalAgreement` sind ablauffrelevant. Vertragsregelungen gestalten den Datenfluss mit, dagegen ist die Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen nur indirekt von geschäftsrelevanten Zielen (`BusinessGoal`), insbesondere den von ihnen abhängigen Faktoren Kosten (`costs`), Qualität (`Quality`) und Zeit (`Time`) beeinflusst.

5.5 Bewertung des Metamodells und der Metamodellerweiterung

An die Entwicklung und Modellierung des domänenspezifischen Metamodells (*MSP*) und an die domänenspezifische Erweiterung des Metamodells (*eMSP*) wurden Anforderungen in den Abschnitten 5.1.1 und 5.2.2 definiert. Sie werden nach der Beschreibung der Metamodelle abschließend aufgegriffen, um eine Bewertung zu ermöglichen. Zusätzlich wird

¹³¹ *Ablaufrelevante Objekte* sind Instanzen von Modellen der MOF-Metaebene M_0 und können bspw. mit *Objektdiagrammen* modelliert werden. Das Objektdiagramm ist eine Diagrammart der Unified Modeling Language (UML) und dient der Beschreibung möglicher Instanzen des Klassendiagramms. Ein bestimmter Zeitpunkt in der Ausführung einer Software wird beschrieben. Objekte stellen Realisierungen (Instanzen) einer Klasse zur Laufzeit dar. Ein System wird zu einem festen Zeitpunkt dargestellt. Objekte besitzen einen eindeutigen Namen und Attribute mit Werten [He08].

die Einhaltung der *Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM)* [BRS95, Sc98] überprüft. Abschließend wird eine qualitative Bewertung des Modells vorgenommen.

5.5.1 Bewertung der erreichten Gestaltungsziele

Als präzise, formale Modellierungssprache werden Klassendiagramme der UML verwendet, um Teilsichten des Metamodells durch Teilmodelle zu beschreiben (AF_{DM_1}). Die Modellierungskonstrukte von Klassendiagrammen ermöglichen die Modellierung von Eigenschaften und Beziehungen von Klassen und Schnittstellen. Klassen der Klassendiagramme einzelner Teilmodelle werden durch Attribute beschrieben und stehen miteinander in Beziehung. Die Verwendung von UML-Klassendiagrammen für die Modellierung der Teilmodelle ermöglicht auch eine grafische Repräsentation. Klassen und ihre Eigenschaften sowie die Beziehung zwischen den Klassen werden durch Modellierungskonstrukte grafisch abgebildet (AF_{DM_2}). Die Visualisierung fördert das gemeinsame Verstehen und die Kommunikation zwischen beteiligten Domainexperten und Softwareentwicklern. Durch die Verwendung von UML-Klassendiagrammen sind die Teilmodelle gut lesbar, verständlich und werden syntaktisch abgeglichen. Die Darstellung der Teilmodelle ermöglicht eine effektive und adäquate Dokumentation (AF_{DM_3} , AF_{DM_7}). UML wird durch eine breite Auswahl an professionellen Softwarewerkzeugen unterstützt¹³², einige der Werkzeuge sind frei nutzbar¹³³. Die einzelnen Teilmodelle werden durch ergänzende Klassen erweitert. Das Metamodell als auch die domänenspezifische Metamodellerweiterung lassen sich ebenfalls an zukünftige Anforderungen flexibel anpassen (AF_{DM_4}). Durch UML-Klassendiagramme werden Zusammenhänge und assoziierte Regeln (z. B. durch OCL) eindeutig definiert. Die Modellspezifikation sieht eine eindeutige Syntax vor und unterstützt die Definition einer eindeutigen Semantik. Die semantische Korrektheit wird durch eine eindeutige Syntax unterstützt, ist aber auch abhängig von der Entwicklung der Modellierung durch den Modellierer. Für eine eindeutige Definition der Modellelemente und die Vermeidung von Widersprüchlichkeiten ist das Metamodell MOF-konform definiert (AF_{DM_5} , AF_{DM_7}). Für die Beschreibung des Metamodells wurden Teilsichten definiert, die durch Teilmodelle modelliert werden. Dadurch wird ein systematischer Aufbau von Teilmodellen sichergestellt und die Komplexität reduziert (AF_{DM_6} , AF_{DM_7}). Die modellierten sachlogischen Gegebenheiten und Zusammenhänge des Metamodells wurden durch praxisnahe Anwendung validiert. Im Vordergrund der Modellierung des Metamodells stand die Domäne der Dienstleistungsbeschaffung. Aufgrund der weiteren Anwendung des Metamodells für die Entwicklung von Methoden und Konzepten, die praxisnahe Anforderungen erfüllen und erfolgreich validiert wurden, ist ein nutzenstiftender Einsatz und damit eine Wirtschaftlichkeit des Modells gegeben (AF_{DM_7}). Das Metamodell sowie die domänenspezifische Metamodellerweiterung stellen Anforderungen an prozessorientierte Informationssysteme dar. Die interne Produktdatenintegration in Informationssystemen sowie der Input und Output werden unterstützt. Die Modelldaten können in XML konvertiert und transferiert werden. Die einzelnen Teilmodelle repräsentieren Organisations- und Ressourcenstrukturen, Administrations-, Pro-

¹³² z. B. *altova umodel* [Al12] oder *Enterprise Architect* [Sp12].

¹³³ z. B. *ArgoUML* [Ar12], *Eclipse UML Tools* [Ec12] oder das Open Source Tool *Papyrus* [Pa12].

zess- und Datenflusstrukturen. Das Teilmodell der Ressourcensicht beschreibt relevante Zusammenhänge von Organisationen, Organisationseinheiten und Rollen (AF_{DM_8}) und verschiedene relevante Ressourcen (AF_{DM_8}). Das erweiterte Teilmodell der Ressourcensicht bildet industrielle Dienstleistungen ab (AF_{eDM_7}). Das Teilmodell der Prozesssicht bestimmt und ordnet Prozessstrukturen durch die Zusammenhänge von Aktivitäten, Prozessphasen, Prozessmodulen, Teilprozessen und Prozessen in Prozessabläufen (AF_{DM_9}). Das erweiterte Teilmodell der Prozesssicht ergänzt relevante Prozessphasen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung und Prozessmodule für bilaterale und multilaterale Kollaborationen (AF_{eDM_1}). Das Teilmodell der Datensicht strukturiert den Datenfluss durch Datenobjekte und Geschäftsdokumente ($AF_{DM_{10}}$). Datenstrukturen zur Beschreibung von Datenflüssen, von modularisierten Leistungsspezifikationen und von domänenspezifischen Geschäftsdokumententypen werden im erweiterten Teilmodell der Datensicht abgebildet (AF_{eDM_2}). Die formale Produktstruktur der integrierten Betrachtung von Sachgut und Dienstleistung als hybrides Produkt für die Beschreibung von industriellen Dienstleistungen entwickelt die erweiterte Datensicht (AF_{eDM_4}). Die Beschreibung einer Dienstleistung berücksichtigt die elektronische Klassifikation durch ein Klassifikationssystem (AF_{eDM_5}). Kollaboration und Choreographie werden in den Teilmodellen der Prozesssicht und der Datensicht durch kollaborative Serviceprozesse modelliert, die eine Prozesschoreographie abbilden und den Datenfluss bestimmen ($AF_{DM_{11}}$). Das erweiterte Teilmodell der Organisationssicht gibt relevante Organisationseinheiten an (AF_{eDM_6}). Im erweiterten Teilmodell der Administrationssicht werden spezifische Vertragsstrukturen definiert (AF_{eDM_8}).

5.5.2 Überprüfung der Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung

Für die Modellierung des Metamodells und seiner domänenspezifischen Erweiterung wurden die *Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM)* [BRS95, Sc98] eingehalten. Die Modelle wurden mit UML modelliert. Die Beschreibung der Instanzen wird durch UML syntaktisch korrekt abgebildet. Die Semantik des Referenzprozessmodells wurde im Konsens mit Domänenexperten und Fachanwendern entwickelt. Das Modell ließ sich auf Widerspruchsfreiheit prüfen (*Grundsatz der Richtigkeit*). Die zu anfangs durchgeführten Analysen und Expertengespräche zeigten den Handlungsbedarf für die Beschreibung und das Verständnis der zugrunde liegenden Wirkungszusammenhänge der Daten- und Prozessebene sowie der Gestaltung integrierter Informationssysteme auf (*Grundsatz der Relevanz*). Die Metamodelle beschreiben die Domäne der Dienstleistungsbeschaffung zum einen auf der Grundlage des gesammelten Erfahrungswissens von Fachanwendern und Domänenexperten und zum anderen im direkten Zusammenhang mit der Anwendung in der betrieblichen Praxis. Der bewirkte ökonomische Nutzen der Metamodelle ist offen und wird sich in der betrieblichen Praxis zeigen (*Grundsatz der Wirtschaftlichkeit*). Die präzise Modellierung der Inhalte und der Struktur der Metamodelle ermöglicht die Vergleichbarkeit mit anderen Modellen (*Grundsatz der Vergleichbarkeit*). Die definierte Struktur und die Syntax der Modelle sowie die MOF-konforme Modellierung stellen eine interne Konsistenz sicher (*Grundsatz des systematischen Aufbaus*). Das Metamodell sowie seine do-

mänenspezifische Metamodellerweiterung wurden von Fachanwendern und Domänenexperten positiv auf ihre Verständlichkeit beurteilt (*Grundsatz der Klarheit*).

5.5.3 Qualitative Bewertung

Im Rahmen der Arbeit wurden Anforderungen an das Metamodell und die domänenspezifische Metamodellerweiterung gestellt, die als Qualitätsmerkmale (siehe Abschnitt 5.5.1) genutzt und bewertet werden. Die definierten Anforderungen von Domänenexperten und Fachanwendern wurden aufgenommen und berücksichtigt. Die Verwendung des MOF-konformen Metamodellierungsansatzes und des modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatzes *Model Driven Architecture (MDA)* stellt sowohl die Qualität der Metamodell- als auch der Modellinstanzen sicher. Im Rahmen von Modell-zu-Modell-Transformationen kann das Metamodell als ein rein fachliches Analysemodell in ein technisches Designmodell mit bspw. *Query View Transformation (MOF QVT)* [OMG11g] transformiert werden. Im Rahmen von Expertenbefragungen und empirischen Untersuchungen und Analysen zu verwandten Ansätzen in der wissenschaftlichen Literatur wurden relevante Modellierungsaspekte bestimmt, die in das Metamodell und seine domänenspezifische Erweiterung eingeflossen sind. Unter diesen Gesichtspunkten kann das Metamodell als vollständig angesehen werden, da alle relevanten Modellierungsaspekte berücksichtigt wurden. Durch zukünftige Änderungen in der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung im Laufe der Zeit kann eine allgemeine und permanente Vollständigkeit der Modelle nicht garantiert werden. Das Metamodell und die domänenspezifische Metamodellerweiterung sind vollständig gemäß der aktuellen Anforderungsdefinition. Eine Validierung wurde durch die Anwendung des Metamodells und der domänenspezifischen Metamodellerweiterung im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts durchgeführt.

6 Integrierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten

Das Kapitel „*Integrierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten*“ befasst sich mit der Modellierung von Geschäftsprozessen in Service Chains der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Geschäftsprozesse werden in dieser Arbeit als *Serviceprozesse* bezeichnet und in bilateralen Wertschöpfungsstrukturen betrachtet. Für die Modellierung von Serviceprozessen ist die *integrierte Servicemodellierung (iServMod)* als eine Modellierungs- bzw. Entwurfsmethode zur Unterstützung des Entwurfs von Informationssystemen (*Information Systems Engineering* [He94, WRR07]) zu entwickeln. Petri-Netze werden als formale Modellierungssprache der gegebenen Domäne industrieller Dienstleistungsbeschaffung angepasst und erweitert. Die vorzustellenden Methoden und Fachkonzepte sind auf andere Anwendungsdomänen übertragbar. Die integrierte Servicemodellierung von Serviceprozessen basiert auf einfachen Petri-Netzen (S/T-Netze) und höheren Petri-Netzen (XML-Netze). Sie ermöglicht die präzise Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten. *Abschnitt 6.1* führt in die integrierte Servicemodellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten ein und legt die Entwicklung einer integrierten Modellierungsmethode dar. Allgemeine und domänenspezifische Anforderungen werden an die Entwicklung der integrierten Modellierungsmethode formuliert. In *Abschnitt 6.2* wird ein Vorgehensmodell für den Einsatz der integrierten Modellierungsmethode zur Darstellung prozessorientierter Informationssysteme entwickelt und die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells beschrieben. *Abschnitt 6.3* behandelt Modellierungskonzepte für Serviceprozesse mit Ansätzen zur Strukturierung und Hierarchisierung. Die Modellierung von ablaufrelevanten Prozessobjekten (Serviceobjekte) für die integrierte Geschäftsprozessmodellierung auf der Basis des XML-Schema-Modells (XSM) [Le03a] wird in *Abschnitt 6.4* aufgezeigt. Die XML-basierte Modellierung von Prozessobjekten steht im Fokus. In *Abschnitt 6.5* wird die integrierte Modellierungsmethode entwickelt und dazu domänenspezifische Erweiterungen definiert. Die Modellierungsmethode basiert auf einfachen und höheren Petri-Netz-Varianten und unterstützt die Modellierung verteilter Serviceprozesse in Service-orientierten Architekturen. Der erstellte Modellierungsansatz wird anhand der definierten Anforderungen im letzten *Abschnitt 6.6* bewertet.

6.1 Entwicklung der integrierten Modellierungsmethode *iServMod*

Für die präzise Beschreibung, Modellierung, Analyse und Ausführung von Geschäftsprozessen mit der Zielsetzung, prozessorientierte Informationssysteme zu entwickeln, ist eine formale Modellierung der Geschäftsprozessmodelle und Datenmodelle der Prozessobjekte notwendig [DO96]. Die Qualität der Entwurfsergebnisse soll durch die Anwendung der entwickelten Entwurfsmethode verbessert werden. Für die Gestaltung des Geschäftsprozessmanagements in Unternehmen wird für den initialen Entwurf und die Modellierung der Geschäftsprozesse viel Zeit in Anspruch genommen [MAM+09]. Die Modellierungsmethode dient der Modellierungsunterstützung kollaborativer Geschäftsprozesse durch eine

verteilte, hierarchische Modellierungsunterstützung. Serviceprozesse werden modular durch definierte Prozessschnittstellen verknüpft und hierarchisch strukturiert. Die Modellierung des inner- und überbetrieblichen Daten- und Dokumentenaustauschs und die präzise Analyse bzw. Simulation von Geschäftsprozessen werden unterstützt. Eine domänenspezifische Modellierungssprache zur integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten auf der Basis von einfachen und höheren Petri-Netzen für das Geschäftsprozessmanagement am Beispiel der Beschaffung industrieller Dienstleistungen wird ausgearbeitet¹³⁴. Fehler und Schwachstellen sollen frühzeitig erkannt und gezielte Verbesserungen in der Dienstleistungsbeschaffung vorgenommen werden. Die integrierte Modellierungsmethode berücksichtigt die folgenden Aspekte:

- *integrierte Modellierung* von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten, um den Daten- und Kontrollfluss der industriellen Dienstleistungsbeschaffung zu modellieren
- schrittweise Überführung unterschiedlicher *Formalisierungsstufen* der Modellierungssprache
- *Hierarchisierung und Modularisierung* von kollaborativen Geschäftsprozessen und Teilprozessen, die von unterschiedlichen Fachanwendern bzw. Modellierern erstellt, und in einem Geschäftsprozessmodell zusammengefügt werden
- Modellierung von *Schnittstellen*, die zur Kopplung von unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen dienen
- Unterstützung der Modellierung verteilter Geschäftsprozesse mit *Service-orientierten Architekturen (SOA)*

Einem Modellierer ist es möglich, sich an eine konforme Modellierung durch eine vorgegebene Sprachdefinition (XML-Schemata, typisierte Stellen und Transitionskonzepte) zu halten. Gleiche und ähnliche Sachverhalte in Geschäftsprozessmodellen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden von unterschiedlichen Modellierern einheitlich und konform beschrieben und sind analysierbar¹³⁵. Die integrative Modellierungsmethode unterstützt eine systematische Vorgehensweise für die präzise Erfassung, formale Modellierung und Integration von Geschäftsprozessen und Datenflüssen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Gestaltung modularer Prozessstrukturen¹³⁶, um koordinationsrelevante Daten und Datenflüsse abzubilden und kollaborative Geschäftsprozesse gestalten zu können. Konzepte zur Strukturierung durch schrittweise Formalisierung und Hierarchisierung von Serviceprozessen werden eingeführt. Petri-Netze modellieren voneinander abhängige sowie nebenläufige und alternative Aktivitäten in Geschäftsprozessen. Petri-Netze unterstützen die Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen unterschiedlicher Formalisierungsstufen für Geschäftsprozessmodelle und die Detaillierung von Datenstrukturen [DO96]. Mit Petri-Netzen werden verteilte, diskrete Systeme modelliert. Die Analyse der Modellierungsergebnisse ermöglicht eine Verbesserung der Geschäftsprozesse und Aussagen über

¹³⁴ Grundsätzlich bieten sich zwei Herangehensweisen an [Me06]: die Entwicklung einer vollständig neuen, domänenspezifischen Modellierungssprache oder die Erweiterung einer etablierten Modellierungssprache, die mit domänenspezifischen Konzepten ausgestaltet wird.

¹³⁵ Vergleiche bspw. domänenspezifische Sprachen zur Beschreibung von *Enterprise Java Beans (EJB)* [EJB13] vs. Modellierung mittels UML.

¹³⁶ Die Entwicklung und Definition hierarchischer und modularer Prozessstrukturen ist an *Workflow-Module* angelehnt [Ma04, Ma05b].

ihr Verhalten. Petri-Netze werden durch eine Workflow-Engine bei der Ausführung der Geschäftsprozesse interpretiert [Ob96a]. Die Modellierung Service-orientierter Architekturen (SOA) mit Web Services in Geschäftsprozessen wird unterstützt. Nach dem in der Wissenschaft und Praxis etablierten Verständnis erfasst die Modellierung im Rahmen des Geschäftsprozess- und Workflowmanagements prinzipiell die *Ablaufsicht*, die *Datensicht*, die *Funktionssicht* und die *Organisationssicht* [Ha04]. Vor dem Hintergrund der Entwicklung einer integrierten Modellierungsmethode für Serviceprozesse werden die Ablauflogik (Ablaufsicht) und die Datenstrukturen (Datensicht) dargelegt. Die Automatisierung von kollaborativen Geschäftsprozessen und der elektronische Datenaustausch stehen im Fokus. Kommunikationsformen wie Anrufe, Briefe oder Faxe werden teilweise durch den elektronischen Datenaustausch (standardisierte Protokolle und Nachrichtenformate) ersetzt [UN08]. Die Modellierung der Informationen auf der Nachrichtenebene erfolgt durch Prozessobjekte. Geschäftsprozesse der elektronischen Interaktion benötigen ein sorgfältiges Design der verwendeten Interaktionsprotokolle. Der Informationsaustausch ist weiter zu verfeinern, um zu einer Nachrichtenaustauschebene zu gelangen, wo Dokumente mit definierten Nachrichtenformaten einbezogen werden [Di99]. Die Modellierung komplexer Prozessobjekte mit hierarchischer Struktur zur Modellierung von Datenflüssen wird durch höhere Petri-Netz-Varianten ermöglicht. Die Integration von XML-Standards zur formalen Beschreibung von Datenflüssen für eine standardisierte Modellierung, Analyse und Ausführung der Geschäftsprozesse bietet sich an. Die Modellierung von Prozessobjekten, die den Datenfluss in Geschäftsprozessen bilden, zeigt das *XML-Schema-Modell (XSM)* [Le03a] auf. Eine Darstellung der integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten mit Petri-Netzen wird durch Beispiele illustriert. Die exemplarisch betrachteten Geschäftsprozessmodelle sind im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts aus der Anwendungsdomäne der industriellen Instandhaltung entstanden. In der Arbeit werden Wertschöpfungsstrukturen betrachtet, die aus Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern bestehen und als *Service Chains* [BAK+07, CAA06, Sr07] bezeichnet sind. Eine *bilaterale Service Chain* in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung bildet die Organisation in der Rolle eines Dienstleistungsanbieters und die Organisation in der Rolle eines Dienstleistungsnachfragers ab (Abbildung 84). Die Beschaffung industrieller Dienstleistungen in Wertschöpfungsstrukturen wird arbeitsteilig zwischen einem Dienstleistungsanbieter und einem Dienstleistungsnachfrager organisiert. Es ergeben sich unterschiedliche Netzwerkstrukturen:

- Ein Dienstleistungsanbieter ist für mehrere Dienstleistungsnachfrager tätig und erbringt Dienstleistungen.
- Ein Dienstleistungsanbieter beauftragt Subunternehmen, die Teildienstleistungen erstellen oder Materialien (Sachgüter) liefern.
- Ein Dienstleistungsnachfrager beauftragt mehrere Dienstleistungsanbieter, die einmalig, öfters oder in regelmäßigen Zyklen Dienstleistungen erbringen.
- Ein Dienstleistungsnachfrager vergibt die Ausführung von Dienstleistungen intern an eine andere Abteilung oder ein Subunternehmen.
- Ein Unternehmen ist Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager zugleich.

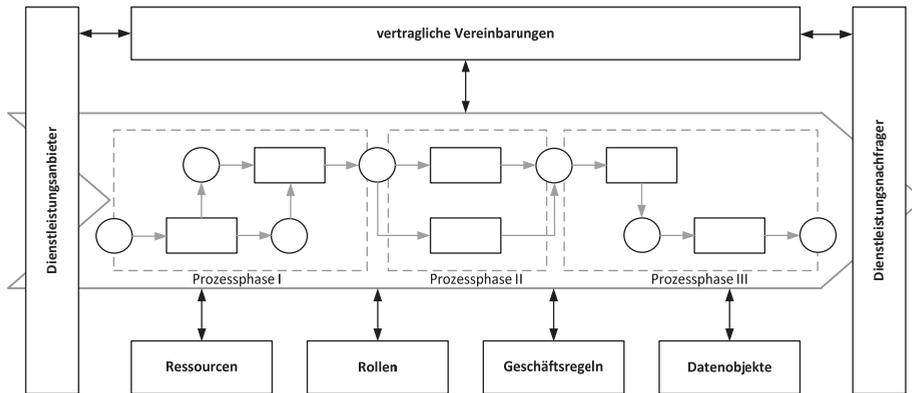


Abbildung 84: Service Chain in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung (in Anlehnung an [We95])

Ein Geschäftsprozess, der Kontrollflüsse in der Beschaffung von Dienstleistungen gestaltet, wird als *Serviceprozess*, ein Prozessobjekt, das Datenflüsse repräsentiert, als *Serviceobjekt* bezeichnet. In ein organisatorisches Umfeld sind Serviceprozesse eingebettet, deren Ausführung sich am Prozessergebnis für den Dienstleistungsanbieter und den Dienstleistungsnachfrager orientiert. Geschäftsprozesse und Teilprozesse in Service Chains werden nach der organisatorischen Beziehung zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern aufgeteilt. Dafür bietet sich der *Kunden-Lieferanten-Ansatz* [EKO95, EKO96] an. Er unterstützt das Prinzip der Verfeinerung von Geschäftsprozessen in Teilprozesse und Aktivitäten und unterteilt einen Geschäftsprozess in eine Menge von Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Die Aktivitäten der Teilprozesse lassen sich sachlich und zeitlich abgrenzen und in eine Geschäftsprozesshierarchie einbetten. Die Koordination von Aktivitäten wird durch Kommunikationsbeziehungen zwischen einzelnen Akteuren geregelt. In Anlehnung an den Kunden-Lieferanten-Ansatz werden Serviceprozesse in Anwendungsszenarien der Dienstleistungsbeschaffung betrachtet. Eine Service Chain in der Dienstleistungsbeschaffung durchläuft mehrere spezifische Prozessphasen nach dem entwickelten Referenzprozessmodell *RPSP*. Zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager besteht eine vertragliche Vereinbarung, die spezifische Leistungsvereinbarungen wie spezifizierte Leistungen, Qualifikationsstufen, Terminvereinbarungen, Abrechnungsmethoden sowie Geschäftsregeln und Zuordnung von Ressourcen definiert. Serviceobjekte bilden den Datenfluss in Service Chains ab.

Überbetriebliche Geschäftsprozesse benötigen einen elektronischen Dokumentenaustausch und ein innerbetriebliches Geschäftsprozessmanagement, um verbesserte prozessorientierte Organisationsstrukturen zu erhalten [LO03]. Die Geschäftsprozessmodellierung ist eng mit der Daten- und Funktionsmodellierung verknüpft. Aufgaben und Abläufe sind in der Datenbank- und Informationssystemmodellierung transaktionsverarbeitender Systeme explizit berücksichtigt. Durch einen hohen Grad an Automatisierbarkeit der Geschäftsprozesse und der Umsetzung in elektronische Geschäftsprozesse werden statische und dynamische Anforderungen erfüllt [Vo08]. Elektronische Geschäftsprozesse unterstützen flexible Transak-

tionskonzepte¹³⁷ wie bspw. das ACID-Prinzip¹³⁸ oder die Semantik eines Geschäftsprozesses [Le95b]. Für Geschäftsprozesse in der elektronischen Beschaffung von Dienstleistungen müssen Kontroll- und Datenflüsse zur Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme gestaltet werden. Die informationstechnische Infrastruktur zur Unterstützung von Serviceprozessen wird in globale organisatorische und unternehmerische Zusammenhänge eingebunden. Gängige Modellierungssprachen unterstützen nur unzureichend die integrierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten.

Elementare Bestandteile einer Modellierungsmethode sind zum einen ein methodenspezifisches Begriffssystem durch die Notation einer Modellierungsmethode für die Belegung von modellierungsrelevanten Objekten und Sachverhalten. Zum anderen werden die Beschreibung und Definition von Beziehungen zwischen den Begriffen durch ein Metamodell und ein Vorgehenskonzept für die Abfolge der Arbeitsschritte der Modellierungsmethode einbezogen [GG99]. So wird anstatt einer informellen grafischen Darstellung und Modellierung von Serviceprozessen durch umgangssprachliche Prozessbeschreibungen eine Petri-Netz-basierte integrierte Modellierungsmethode für Geschäftsprozesse in Service Chains entworfen. Sie erfüllt die definierten Anforderungen an Geschäftsprozesse in Service Chains und ist auf andere Domänen übertragbar. Die unterstützenden Wertschöpfungsaktivitäten in der Dienstleistungsbeschaffung beziehen die Planung und Spezifikation, die Auftragsabwicklung und den Datenaustausch ein. Unter Berücksichtigung der vorgestellten domänenspezifischen Metamodellerweiterung *eMSP* (siehe Kapitel 5) und des Referenzprozessmodells *RPSP* (siehe Kapitel 7) wird die Modellierungsmethode *integrierte Servicemodellierung (iServMod)* entwickelt. Die integrierte Modellierungsmethode ermöglicht eine konsistente Unterstützung der Modellierung, Analyse, Simulation und Ausführung von Serviceprozessen. Die integrierte Servicemodellierung umfasst Konzepte zur Hierarchisierung, Modularisierung und Abstraktion für die Modellierung von Serviceprozessen.

6.1.1 Anforderungen

An die Entwicklung der integrierten Servicemodellierung als Methode zur Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten werden allgemeine und domänenspezifische Anforderungen an die Modellierungssprache gestellt. Die Beschreibung orientiert sich an den allgemeinen Anforderungen an formale Modellierungssprachen und domänenspezifischen Ansprüchen aus verschiedenen Sichtweisen. Es werden die Sichtweise eines Modellierers berücksichtigt, der Geschäftsprozessmodelle erstellt, die eines Fachanwenders, der diese Modelle liest und versteht, und die eines Softwaretechnikers, der diese Modelle umsetzt, um die Geschäftsprozessmodelle in Informationssystemen abzubilden. Jede Sichtweise bringt gegenseitig sich beeinflussende Eigenschaften hervor, die als Anforderungen

¹³⁷ Leymann [Le95b] unterscheidet zwischen den zwei *Transaktionskonzepten* des systemtechnischen Transaktionskonzepts (Erstellung großer verteilter Anwendungen aus unabhängig entwickelten Teilsystemen) und des prozesstechnischen Transaktionskonzepts (Kontroll- und Datenflüsse zwischen einzelnen Prozessschritten aus betriebswirtschaftlich-orientierter Sichtweise).

¹³⁸ Das *ACID-Prinzip* (*A*tomicity, *C*onsistency, *I*solation und *D*urability) beschreibt erwünschte Eigenschaften von Verarbeitungsschritten in Datenbankmanagementsystemen (DBMS) und verteilten Systemen [Vo08].

definiert und von der Modellierungssprache erfüllt werden. In der Arbeit werden allgemeine Anforderungen an eine Modellierungssprache zur integrierten Modellierung von Geschäftsprozessmodellen und Prozessobjekten sowie domänenspezifische Anforderungen auf der Grundlage des Referenzprozessmodells und der domänenspezifischen Metamodellerweiterung in Anlehnung an [BRU00, Me06, MRA08, Ob96a, ÖWS+03] formuliert:

- ***fundierte Modellierungsmethode auf der Basis einer formalen Modellierungssprache*** (AF_{IS_1}): Die Modellierungssprache soll auf breiter wissenschaftlicher Anwendung und langjähriger Erfahrung gründen. Operationen auf Objekten, Rollen, Organisationsstrukturen, zeitliche und sachlogische Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten und Geschäftsregeln zum Ablauf von Geschäfts- und Serviceprozessen sollen modellierbar sein. Die Modellierungssprache und -methode bauen auf einer breiten wissenschaftlichen und anwendungsbezogenen Fundierung und langjähriger Erfahrung auf, um einheitliche, überbetriebliche Modellierung, Analyse, Simulation und Implementierung von Serviceprozessen zu fördern.
- ***ausdrucksmächtige, klare und redundanzfreie Modellierungssprache*** (AF_{IS_2}): Die Modellierungssprache soll um anwendungs- und zielsystemspezifische Features erweiterbar sein. Objekte der Realwelt sind durch die Modellierungssprache adäquat darzustellen. Die allgemeine Beschreibung des Geschäftsprozesses (Geschäftsprozessmodell auf Typ-Ebene) sowie die Abbildung der Instanz (Geschäftsprozess auf Ausprägungs-Ebene) von Aktivitäten und Objekten werden durch die Modellierungssprache unterstützt. Die Modellierungssprache soll redundanzfrei sein und die strukturierte, übersichtliche sowie lesbare Modellierung von Geschäftsprozessmodellen ermöglichen.
- ***integrierte Modellierungsunterstützung*** (AF_{IS_3}): Die Modellierungssprache soll eine integrierte Modellierung von Geschäftsprozessen (Serviceprozessen) und Prozessobjekten (Serviceobjekten) unterstützen. Prozessobjekte sind syntaktisch und semantisch formal beschreibbar. Die Modellierung von Serviceprozessen ist unter Einbezug von Service- und Prozessobjekten in einer präzisen und formalen Notation möglich.
- ***Modellierung von Serviceobjekten*** (AF_{IS_4}): Der inner- und überbetriebliche Datenfluss wird durch Serviceobjekte bestimmt. Serviceobjekte sollen Datenobjekte in Serviceprozessen betrieblicher Informationssysteme beschreiben. Dienstleistungsspezifische Daten in Form von einfachen und komplexen Serviceobjekten modellieren den inner- und überbetrieblichen Datenfluss (Datenobjekte und Dokumenttypen) in den verteilten Geschäftsprozessen zwischen den Unternehmen. Über komplexe Serviceobjekte lassen sich Dienstleistungen darstellen und die darin in einem sachlogischen Zusammenhang gesetzten Daten. Einfache und komplexe Objektstrukturen sollen syntaktisch und semantisch modellierbar sein. Die Modellierungssprache soll die präzise Modellierung von komplexen Serviceobjekten und der darin in einen kausalen Zusammenhang gesetzten Informationen unterstützen. Die intuitiv verständlichen, vordefinierten und wiederverwendbaren Konzepte zur Standardisierung von Serviceobjekten werden modelliert. Personelle und maschinelle Ressourcen wie bspw. Aufgabenträger, die an der Ausführung kollaborativer Ser-

viceprozesse beteiligt sind, sollen abgebildet werden. Aufgabenträger sind Rollen und Ressourcen unterschiedlicher Unternehmen [Ob96a].

- **XML-basierte und formale Datenschemata-Modellierung von Serviceobjekten** (AF_{IS_5}): Die syntaktische Beschreibung soll durch die Auszeichnungssprache XML erfolgen. Eine eindeutige Interpretation der Inhalte ist durch die Verwendung einer einheitlichen Auszeichnungssprache möglich und damit offen für die Verwendung von Standards. Die Semantik der Inhalte von Datenobjekten und Dokumenttypen sollen eindeutig beschreibbar sein. Die Modellierung der Serviceobjekte stellt den Datenfluss in der Dienstleistungsbeschaffung dar. Die Verwendung der Auszeichnungssprache XML bei der Modellierung von Prozessobjekten unterstützt die ebenfalls XML-basierte Beschreibung und Modellierung von E-Business-Standards, die in Serviceprozessen Verwendung finden.
- **Unterstützung der Abbildung von Modellierungssprachen auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen** (AF_{IS_6}): Geschäftsprozesse der Dienstleistungsbeschaffung werden von Endkunden und Fachanwendern gemeinsam modelliert. Für die Implementierung von Informationssystemen kollaborieren Fachanwender, Modellierer und Systementwickler, um die Geschäftsprozesse zu integrieren und eine präzise formale Abbildung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten zu erreichen. Aufgrund der Kollaboration unterschiedlicher Prozessbeteiligter soll die integrierte Modellierungsmethode die Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen unterstützen.
- **Unterstützung einer schrittweisen Formalisierung von Serviceprozessen** (AF_{IS_7}): Die Modellierungssprache soll zum einen die schrittweise Überführung der Geschäftsprozessschemas unterschiedlicher Formalisierungsstufen von anwendungsorientierten, informalen Modellierungssprachen über anwendungsneutrale, semi-formale hin zu formalen, plattformunabhängigen Modellierungssprachen in maschinenlesbaren Code und ausführbare Services in Service-orientierten Architekturen unterstützen. Diese Vorgehensweise der Modellierung von Geschäftsprozessmodellen bietet eine konsistente Unterstützung der Modellierung, Analyse, Kontrolle und Simulation. Die Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten soll schrittweise von einer informalen Modellierungssprache über eine formale Sprache bis hin zur Ausführung von Web Services erfolgen, um elektronische Geschäftsprozesse und eine Automatisierung sowie rechnergestützte Analysen zu ermöglichen.
- **Einfachheit, Verständlichkeit und Visualisierungsmöglichkeiten** (AF_{IS_8}): Die Modellierungssprache zur integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten steht unterschiedlichen Anwendergruppen mit unterschiedlich ausgeprägten Modellierungserfahrungen zur Verfügung. Die Modellierungssprache soll über eine intuitive, grafische und anschauliche Darstellungsmöglichkeit verfügen. Der Anwender wird durch die Modellierung verschiedener Sichten (z. B. bezogen auf relevante Aktivitäten, Ressourcen, Personen) mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad der Serviceprozesse unterstützt.
- **hierarchische Modellierungsmethodik von Serviceprozessen auf verschiedenen Abstraktionsebenen** (AF_{IS_9}): Die Modellierung und der Entwurf von Geschäftspro-

zessmodellen bildet die Vorstufe einer Implementierung und der Automatisierung von Abläufen in Informationssystemen. Auf der Grundlage einer adäquaten formalen Abbildung von Serviceprozessen und Serviceobjekten sowie der expliziten Modellierungsunterstützung des Referenzprozessmodells soll eine stufenweise top-down- oder bottom-up-Modellierung von Serviceprozessen und korrespondierenden Serviceobjekten auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus möglich sein. Die top-down-Modellierung nimmt eine Verfeinerung von groben Geschäftsprozessen in detaillierte Geschäftsprozesse, Teilprozesse, Prozesskomponenten und Aktivitäten vor. Es entstehen hierarchische Beziehungen auf unterschiedlichen Beschreibungsebenen. Die bottom-up-Modellierung setzt ein komplexes Geschäftsprozessmodell aus einzelnen Aktivitäten, Teilprozessen, Prozesskomponenten und Geschäftsprozessen zusammen. Die Modellierungsmethodik mit der Abbildung von Serviceprozessen ist durch eine hierarchische Struktur aus Prozessphasen, Geschäftsprozessen, Teilprozessen und Aktivitäten abzubilden. Die spezifischen Prozessphasen der elektronischen Beschaffung benötigen eine durchgehende und übergreifende Modellierungsmethodik.

- **differenzierte Modellierbarkeit von vordefinierten, intuitiv verständlichen und wiederverwendbaren Konzepten** ($AF_{IS_{10}}$): Im Rahmen der Modellierung von Serviceprozessen in der elektronischen Beschaffung bietet die Modellierbarkeit vordefinierter, wiederverwendbarer Konzepte eine Unterstützung für die Modellierung, Analyse und Simulation. Die Modellierungsgestaltung von Datenflüssen und die Unterstützung von zentral verwendeten und auszutauschenden Daten zeichnen die Geschäftsprozesse aus und erfordern eine explizite Modellierungsunterstützung.
- **Modellierung inner- und überbetrieblicher Serviceprozesse und Schnittstellen** ($AF_{IS_{11}}$): An inner- und überbetrieblichen Geschäftsprozessen im elektronischen Geschäftsverkehr partizipieren mehrere Prozessteilnehmer. Die Gestaltung und die Modellierung von Serviceprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung entlang der Wertschöpfungskette ist durch das innerbetriebliche (interne Geschäftsprozesse, Teilprozesse und Aktivitäten) und überbetriebliche (unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse, Teilprozesse und Aktivitäten) Geschäftsprozessmanagement geprägt. Die Modellierungsmethode soll den Anwender bei beiden Geschäftsprozessstypen durch die Möglichkeit der expliziten Modellierung von Schnittstellen für das Management von überbetrieblichen Schnittstellen unterstützen. Inner- und überbetriebliche Serviceprozesse sind durch Prozessschnittstellen verknüpft. Zur Darstellung der Verkettung der internen Geschäftsprozesse von Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter zu überbetrieblichen Geschäftsprozessen sollen überbetriebliche Schnittstellen modellierbar sein. *Statische* Schnittstellen, die einen direkten Übergang zwischen kollaborativen Prozessen bilden, und *dynamische* Schnittstellen, die aus mehreren Aktivitäten bestehen, sollen modellierbar sein. Die verwendete Modellierungssprache stellt die syntaktische und semantische Kompatibilität der Teil-Geschäftsprozessmodelle sicher, validiert sie und unterstützt eine explizite domänenspezifische Beschreibung von Schnittstellen. Die Integration von Serviceobjekten sowie deren spezifische Beschreibung in Schnittstellen inner- und überbetrieblicher Serviceprozesse werden ermöglicht.

- **Unterstützung der kollaborativen Modellierung** ($AF_{IS_{12}}$): Serviceprozesse werden von unterschiedlichen Fachanwendern beteiligter Geschäftspartner modelliert. Die koordinierte und abgestimmte Zusammenarbeit zur Erstellung von Geschäftsprozessmodellen durch verteilte Fachanwender und Modellierungsexperten soll unterstützt werden. Einzelne Komponenten in komplexen Geschäftsprozessmodellen sollen parallel von unterschiedlichen Modellierern bearbeitet und als Ganzes zusammengefasst werden. Die verteilten internen Geschäftsprozesse werden zu einem überbetrieblichen Geschäftsprozessmodell zusammengefügt und überbetriebliche Serviceprozesse ausmodelliert. Die Vollständigkeit und Korrektheit des gesamten Geschäftsprozessmodells [CC05] soll sichergestellt und die semantische und syntaktische Kompatibilität von Prozesskomponenten auf allen hierarchischen Geschäftsprozessebenen unterstützt werden.
- **syntaktische und semantische Korrektheit** ($AF_{IS_{13}}$): Die Modellierungssprache soll modellierte Geschäftsprozessmodelle auf eine korrekte Syntax und Semantik verifizieren. Unzulässige Geschäftsprozessmodelle sollen systematisch identifiziert werden. Die syntaktische Korrektheit der Geschäftsprozessmodelle ist gegeben, wenn die syntaktischen Regeln der Modellierungssprache eingehalten sind. Die Modellierungssprache soll alle bekannten Struktureigenschaften, die für B/E-Netze gelten, erhalten und damit auf B/E-Netze abgebildet werden. Die semantische Korrektheit ist bei einer widerspruchsfreien Abbildung der zeitlichen und sachlogischen Zusammenhänge des realen Geschäftsprozesses im modellierten Geschäftsprozessmodell gegeben.
- **Analysier- und Validierbarkeit** ($AF_{IS_{14}}$): Die Modellierungssprache soll durch analytische und simulative Verfahren für die semantische und syntaktische Korrektheit, Konsistenz, Reaktionszeit, Ressourcenverbrauch, Kapazitätsauslastung etc. die erstellten Geschäftsprozessmodelle prüfen und validieren. Redundanzen, Mehrdeutigkeiten und Widersprüche werden durch Analysen und Simulation erkannt. Der Einsatz analytischer Verfahren lässt quantitative Aussagen über bestimmte Eigenschaften der Geschäftsprozesse (bspw. Zeitdauer, Verbrauch von Ressourcen, Auslastung der Kapazität) treffen. Simulationsgestützte Validierungsverfahren für quantitative Aussagen sollen bei einer hohen Komplexität von Ablaufschemata und fehlender Handhabbarkeit anwendbar sein, um festzustellen, ob ein Geschäftsprozessmodell mit einer tatsächlichen Instanz eines Geschäftsprozesses übereinstimmt.
- **Unterstützung der Komposition (Choreographie und Orchestrierung) von Geschäftsprozessen** ($AF_{IS_{15}}$): Die Modellierungssprache soll Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten unterschiedlicher Prozesskompositionen und die Business-to-Business-Kollaboration unterstützen [We07]. Um die Modellierung, Simulation und Ausführung von Geschäftsprozessen in B2B-Kollaborationen zu begleiten, sollen verschiedene Prozessorchestrierungen durch den Austausch (Senden und Empfangen) von Nachrichten choreographiert werden. Choreographien gewährleisten die Interoperabilität zwischen Prozessorchestrierungen, die jeweils Prozessteilnehmer ausführen. Choreographien definieren Regeln, mit denen sich Prozessteilnehmer einverstanden erklären, um zu kollaborieren. Die Modellierungssprache unterstützt das Design von Geschäftsprozesschoreographien. Die teilnehmenden Rollen

und ihre Kommunikationsstrukturen sowie einzelne Meilensteine (Phasen) werden identifiziert und modelliert. Dedizierte Kollaborationsszenarien sollen modelliert, die einzelnen Phasen und die Kommunikation beschrieben und Schnittstellen identifiziert und definiert werden [We07].

- **Entwicklungsunterstützung und Wirtschaftlichkeit** ($AF_{IS_{16}}$): Die Modellierungssprache soll durch adäquate Softwarewerkzeuge unterstützt werden. Die Anwendung der Modellierungssprache zur Modellierung von Geschäftsprozessmodellen steht in einem angemessenen Verhältnis von Aufwand und Nutzen.

Petri-Netze [Ba97, OS96, Pe62, Re85, Re10a] sind eine fundierte und seit langem etablierte Modellierungssprache und werden für die integrierte Modellierung von Geschäftsprozessen und die korrespondierenden komplexen Prozessobjekten sowie zur Ausführung und Analyse von Geschäftsprozessen verwendet. Nach Reisig [Re85] sind Petri-Netze als grafischer Formalismus zur Ablaufbeschreibung besonders geeignet. Prozessmodelle werden statisch und dynamisch untersucht. Sie ermöglichen eine Simulation und werden nach bestimmten relevanten dynamischen Eigenschaften wie *Lebendigkeit*, *Deadlockfreiheit*, *k-Beschränktheit* und *Zyklenfreiheit* formal analysiert [Re90, St90]. Modellierte Geschäftsprozesse mit Petri-Netzen gründen auf einer langjährig erprobten Modellierungssprache und deren Nutzung in unterschiedlichen Domänen. Petri-Netze sehen eine schrittweise Formalisierung von Prozessmodellen vor: von informal beschrifteten Stellen/Transitions-Netzen sukzessiv durch formale Beschriftung der Netzelemente zu formalen und präzisen Netzvarianten. In den verschiedensten Anwendungsbereichen wie bspw. in der Entwicklung von Informationssystemen etablierten sich Petri-Netze als Hilfsmittel beim Entwurf, der Analyse und der Verbesserung von Systemen [AS11, KLO08, Ob96a]. Die Modellierung von Geschäftsprozessmodellen mit Petri-Netzen weist folgende Vorteile auf [Aa98b, Er02, Me06, Ob96a, Ze95]: Petri-Netze

- sind eine grafisch-basierte Beschreibungssprache, die intuitiv erfassbar und leicht verständlich ist. Die Visualisierung der Modellierung erleichtert den Entwurf.
- sind mathematisch fundiert und ihre Eigenschaften mathematisch bewiesen.
- besitzen eine formale Semantik und sind eindeutig und präzise definiert.
- lassen sich als generische, formale Metasprache [Go72] in andere Geschäftsprozessmodellierungssprachen transformieren
- unterstützen die Modellierung von Geschäftsprozessen verschiedener Abstraktionsstufen: die semiformale Modellierung von Prozessmodellen sowie die formale Modellierung ausgeprägter Modelle mit technischen Details als Prozessmodelle. Sie dienen zur Unterstützung aller wichtigen Konstrukte zur Beschreibung von Workflows.
- ermöglichen die Simulation der erstellten Geschäftsprozessmodelle und deren Analyse durch Verfahren aus dem Bereich der Verifikation und durch ihre formale Semantik. Eigenschaften wie *Sicherheit*, *Invarianz* und *Deadlocks* sowie die Berechnung von Kennzahlen werden durch Analyseverfahren überprüft.
- sind keine proprietäre Modellierungssprache und plattformunabhängig von Softwarewerkzeugen der Softwareanbieter. Die Modellierung von Petri-Netzen wird von Softwarewerkzeugen und einer Vielzahl von Analyseverfahren unterstützt.

- berücksichtigen Zeit- und Kostenkonzepte durch Überprüfung der Auswirkungen verschiedener Zeit- und Kostenbewertungen auf wichtige Aspekte der Leistungsbewertung wie Durchlaufzeiten oder Ressourcenauslastung.
- sind befähigt, die Modellierung des Zustands einer Instanz eines Geschäftsprozessmodells durch ihren zustandsbasierten Charakter durchzuführen.

Petri-Netze erfüllen die gestellten Anforderungen an die Modellierung von Serviceprozessen. Die formale Definition von Petri-Netzen wird um domänenspezifische Konzepte für eine integrierte Modellierung von Serviceprozessen und korrespondierenden Serviceobjekten erweitert. Die domänenspezifische Erweiterung erfolgt auf der syntaktischen Ebene, um die Vorteile der Modellierung von Serviceprozessen mit Petri-Netzen zu nutzen. Die Modellierung von semiautomatisierten und automatisierten Serviceprozessen zur Gestaltung von betrieblichen Informationssystemen erfolgt durch XML-Netze (XN) [Le03a] und Web Service-Netze (WSN) [KM05]. Che et al. [CMJ+07] verwenden XML-Netze für die Modellierung, Ausführung und das Monitoring von unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen aufgrund ihrer formalen Semantik, der grafischen Darstellungsweise und des Austauschs XML-basierter Datenstrukturen für die Web Service-Komposition [CLO+09]. Mevius und Pibernik [MP04] schlagen XML-Netze zur Unterstützung von Geschäftsprozessen im Supply Chain Process Management (SCPM) vor. Li et al. [LMO06] verwenden XML-Netze zur Simulation, um die Modellierung, Analyse und Kontrolle von Geschäftsprozessen in Supply Chains zu unterstützen¹³⁹.

6.2 Evolutionäres Vorgehensmodell

Zur Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen auf der Basis von Serviceprozessen wird ein *evolutionäres Vorgehensmodell* vorgeschlagen. Das evolutionäre Vorgehensmodell strukturiert die Entwicklung und den Einsatz der integrierten Modellierungsmethode für den Bereich der Dienstleistungsbeschaffung. Es berücksichtigt die entwickelten Methoden, Modelle und Modellierungskonzepte der integrierten Servicemodellierung (Modellierungsebene) als auch die in den nachfolgenden Kapiteln 8 und 9 entwickelten Methoden und E-Business-Lösungen (Ausführungsebene) mit dem Ziel, prozessorientierte Informationssysteme für die Dienstleistungsbeschaffung zu entwickeln und anzupassen. Es werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells vorgestellt.

6.2.1 Phasen des Vorgehensmodells

Für die Anwendung der integrierten Servicemodellierung ist ein weitestgehend etabliertes Vorgehensmodell (Abbildung 85) zu konzipieren, das sich an der Vorgehensweise in Modellierungsprojekten in Forschung und Industrie des *Instituts für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB)* und des *Forschungszentrums für Informatik (FZI)* an der Universität Karlsruhe (TH) orientiert.

¹³⁹ Weitere ähnliche integrierte Modellierungskonzepte, die auf Petri-Netzen beruhen, sind bspw. die Ansätze von *Product-based Workflow Design (PBWD)* [Aa99a, RLA03], *Case Handling Workflows* [RRA03], *Workflow-Netze* [Aa99b, Aa99c], *Workflow Data Pattern* [RHE+04a] und *Jackson-Netze* [HHH+09].

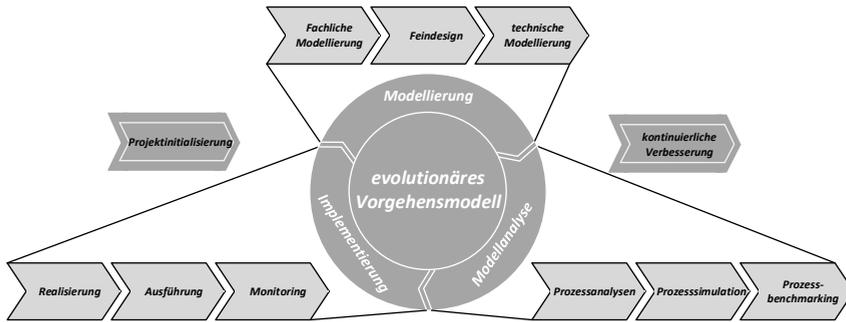


Abbildung 85: Evolutionäres Vorgehensmodell für die Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen

Das evolutionäre Vorgehensmodell besteht aus mehreren Phasen, die sich zu den Hauptphasen *Modellierung*, *Modellanalyse* und *Implementierung* aggregieren:

6.2.1.1 Projektinitialisierung

Die Phase der *Projektinitialisierung* definiert und plant ein Projekt zur Entwicklung eines Informationssystems. Der Umfang des Projekts wird eingegrenzt, die involvierten Organisationen und Mitarbeiter identifiziert. Die Projektparameter Projektbudget, verfügbare Ressourcen und zeitliche Rahmenbedingungen werden definiert und ein Projektplan erstellt. Die projektspezifischen Ziele werden bestimmt und priorisiert. Als ein Ergebnis der Projektinitialisierungsphase wird im ersten Schritt eine *Prozesslandkarte* erstellt. Sie repräsentiert die oberste Hierarchieebene eines Serviceprozessmodells für die stufenweise Modellierung der Serviceprozesse. Einzelne Geschäftsprozesse werden in ihren Wechselwirkungen untereinander grafisch dargestellt. In der Dienstleistungsbeschaffung werden operative, strategische und taktische Prozessbereiche definiert und den verschiedenen Organisationseinheiten innerhalb der beteiligten Unternehmen zugeordnet. Die Gruppe von anwendungsorientierten, informalen Modellierungssprachen wird genutzt (siehe Abschnitt 6.3.1). Relevante Geschäftsprozesse werden abstrakt durch einzelne Transitionen abgebildet und deren Beziehungen durch Stellen modelliert, die Schnittstellen repräsentieren.

6.2.1.2 Fachliche Modellierung

Im Rahmen der *fachlichen Modellierung* werden die vorhandenen Geschäftsprozesse in einem ersten Schritt semiformal modelliert. Für die adäquate Modellierung von Prozessinstanzen des *Referenzprozessmodells RPSP* (siehe Kapitel 7) wird die detaillierte Prozessstruktur der Serviceprozessmodelle entwickelt. Das Referenzprozessmodell *RPSP* unterstützt die Identifikation und Beschreibung von Schnittstellen und Datenobjekten. Die Beschreibung von Geschäftsprozessen erfolgt in diesem ersten Modellierungsdurchgang auf einer informalen bzw. semiformalen Modellierungsebene. Anwendungsorientierte, informale Modellierungssprachen stehen zur Verfügung. Zu dieser Gruppe gehören die *einfachen Service-Netze (eSN)*, siehe Abschnitt 6.5.1). Die explizite Schnittstellengestaltung wird zu einem zentralen Modellierungsaspekt [EKO96]. Schnittstellen sind als Input- und Outputstellen vorgesehen, die Input-Prozessobjekt bzw. Output-Prozessobjekte repräsen-

tieren. *Rollen* und *Ressourcen* werden identifiziert und den Transitionen der Geschäftsprozesse zugewiesen. Bei der fachlichen Modellierung sind Rollen und Ressourcen annotiert bzw. durch Ressourcenstellen modelliert. Ressourcen wie Personen (menschliche Arbeit) und Ressourcen der Informatik wie Hardware und Daten (Informationen) werden betrachtet. Ressourcen können als Produktionsfaktoren in Geschäftsprozessen *substitutional* oder *limitational* wirken. Sie lassen sich unterschiedlich kombinieren und ersetzen. Ein Geschäftsprozess ist an einen spezifischen Produktionsfaktor oder eine definierte Kombination gebunden. Ressourcen werden als anonymisierte, nicht typisierte Marken in Stellen repräsentiert.

6.2.1.3 Feindesign

In der Phase *Feindesign* wird das Konzept der Verfeinerung angewandt. Die Geschäftsprozesse sind durch die Einführung von Detailebenen hierarchisiert und *top-down* auf verschiedenen Abstraktionsebenen modelliert. Ein *Schichtenmodell* [HKS08] (siehe Abschnitt 6.3.2) unterstützt die hierarchische Modellierung der Anwender und Modellierer. Die Modellierung in der Phase Feindesign berücksichtigt mehrere Modellierungsebenen. Die Gruppe der anwendungsneutralen, semiformalen Modellierungssprachen wird angewandt. Zu dieser Gruppe gehören die *einfachen Service-Netze* (*eSN*, siehe Abschnitt 6.5.1). Die integrierte Modellierungsmethode unterstützt explizit die strukturierte Gestaltung von Geschäftsprozessmodellen durch die Hierarchisierung und Modularisierung von Geschäftsprozessen. Die Modularisierung setzt Schnittstellen voraus, die den gezielten Anforderungen entsprechen [KKM+05]. Prozessphasen und Prozessmodule dienen der Modularisierung von Geschäftsprozessen und definieren Geschäftsprozesshierarchien. Ziel der Modularisierung von Geschäftsprozessen ist die Reduktion der Komplexität in der Prozessgestaltung durch die Aufteilung in kleinere Prozesseinheiten [KKM+05]. Dadurch werden der Aufbau und die Handhabbarkeit der Geschäftsprozesse verbessert, der Pflegeaufwand reduziert und die Wiederverwendung von Prozessteilen erreicht [Ha03b]. Sind die Prozessphasen identifiziert, werden Prozessmodule sukzessiv als Verfeinerungen modelliert. Prozessmodule bilden die jeweiligen kollaborativen Serviceprozesse der beteiligten Unternehmen ab. Der Input- und Output des Geschäftsprozesses einer Abstraktionsstufe ist aus den Beschreibungen der von ihr dominierten Abstraktionsstufe abzuleiten. Die hierarchische Modellierungsweise unterstützt die kollaborative Modellierung (dezentralisierte Modellerzeugung), indem Serviceprozessmodelle verteilt modelliert und in strukturierter Integration zu einem gesamten Serviceprozessmodell zusammengefügt werden. Bei der zentralisierten Modellerzeugung hat ein einzelner Modellierer die Gesamtsicht auf das Geschäftsprozessmodell. Die dezentrale Modellerzeugung bezieht mehrere autonome Modellierer ein, die unabhängig voneinander einzelne Teilprozesse (Prozessmodule) modellieren. So modellieren sie die in sich geschlossenen Teilprozesse von kollaborativen Geschäftsprozessen [WKV+10]. Die konsistente, individuelle Modellerzeugung sowie die Integration von partiellen Geschäftsprozessmodellen werden unterstützt [We08]. Schnittstellen der einzelnen Geschäftsprozesse auf jeder Modellierungsebene werden verdeutlicht und Datenobjekte identifiziert. Des Weiteren können Serviceprozessmodelle um identifizierte Sonderfälle (*Ausnahmebehandlung*, siehe Kapitel 7) ergänzt werden.

6.2.1.4 Technische Modellierung

Im Rahmen der *technischen Modellierung* werden die technischen Randbedingungen ermittelt und dokumentiert. Neue Anforderungen bedingen die Entscheidungen darüber, ob bestehende Informationssysteme weiterhin genutzt, geändert oder ersetzt werden durch die Entwicklung neuer Informationssysteme. Für die jeweils ausgewählten Informationssysteme setzen die Planungen für die Realisierung ein. Die bestehenden Infrastrukturen der kollaborierenden Unternehmen werden detailliert analysiert und die relevanten Systeme herausgegriffen und dokumentiert. Die erhaltenen Analysedaten sind für die technische Modellierung zu verwenden: Modellierte, hierarchische Geschäftsprozessmodelle erhalten technische Modellierungsdetails und eine weitere Detailebene. Aus der Gruppe der formalen, plattformunabhängigen Modellierungssprachen finden die *höheren Service-Netze* (*hSN*, siehe Abschnitt 6.5.2) ihre Anwendung. Sie basieren auf höheren Petri-Netzen, den XML-Netzen, und ermöglichen die Modellierung von typisierten Stellenkonzepten. Damit lassen sich Schnittstellen und Datenobjekte eindeutig beschreiben und unterscheiden. Datenobjekte und Geschäftsdokumenttypen werden auf der Basis der domänenspezifischen Metamodellerweiterung (siehe Kapitel 5) beschrieben und durch Stellenschemata auf der Basis des *XML-Schema-Modells* (*XSM*) [Le03a] modelliert. Es werden *statische* und *dynamische Schnittstellen* als Kopplung kollaborativer Geschäftsprozesse unterschieden. Die Modellierung von Prozessphasen und Prozessmodulen detaillieren die typisierten Stellenkonzepte. Die verfeinerten Serviceprozesse eines Prozessmoduls werden durch (semi-)automatisierte Serviceprozesse modelliert. Das Verhalten und die Verfügbarkeit von Ressourcen sind durch stellenberandete Teilnetze modelliert, die Ressourcenstellen verfeinern [Ob96a].

6.2.1.5 Prozessanalyse

Im Rahmen der *Modellanalyse* lassen sich qualitative und quantitative Analysemethoden zur Prozessanalyse einsetzen. Qualitative *Prozessanalysen* überprüfen das logische Verhalten von Serviceprozessmodellen, um Modellierungsfehler auszuschließen, quantitative Analysemethoden definierte Prozessziele, um Ausnahmesituationen zu vermeiden.

6.2.1.6 Prozesssimulation

Als effiziente quantitative Analysemethode dient die *Simulation* von Geschäftsprozessen zur Validierung des möglichen Verhaltens des Geschäftsprozessmodells im Vergleich zum Verhalten des intendierten Geschäftsprozesses [AH04]. Durch die Prozesssimulation wird das komplexe System des Serviceprozessmodells analysiert (siehe Kapitel 8).

6.2.1.7 Prozessbenchmarking

Um durch eine systematische Analyse von Leistungsdifferenzen und ihren Ursachen Verbesserungspotenziale aufzudecken, wird das simulationsgestützte *Prozessbenchmarking* angewandt [Si97]. Auf Details der qualitativen und quantitativen Analyse von Geschäftsprozessmodellen und das simulationsgestützte Benchmarking gehen Herfurth et al. [HSW13a] näher ein.

6.2.1.8 Realisierung

In der Phase der *Realisierung* werden die modellierten Serviceprozessmodelle in prozessorientierten Informationssystemen umgesetzt. Die Gruppe der maschinenlesbaren Programmiersprachen zur automatisierten Ausführung von Geschäftsprozessen ist einzusetzen (siehe Abschnitt 6.3.1). Für Serviceprozessmodelle, die Service-orientierte Architekturen berücksichtigen, werden auf einer Modellierungsebene ausführende Web Services modelliert. Sie sind direkt mit korrespondierenden WS-BPEL-Implementierungen der Serviceprozesse oder ihrer automatisierten Generierung verbunden. Zunächst werden sie implementiert und nach Überführung der Geschäftsprozesse in WS-BPEL aufgerufen und ausgeführt [HKT08]. Auf der Basis der modellgetriebenen Softwareentwicklung (*Model Driven Software Development (MDSO)*) lässt sich unter bestimmten Randbedingungen aus formalen Serviceprozessmodellen lauffähige Software erzeugen. Dazu sind domänenspezifische Sprachen zusammen mit Codegeneratoren und Interpretern einzusetzen. Im Rahmen dieser Arbeit werden keine Spezifikationen für eine domänenspezifische Sprache, Codegeneratoren und Interpretern definiert, sondern *E-Business-Lösungen* zur Beschreibung von Schnittstellen entwickelt (siehe Kapitel 9). Die E-Business-Lösungen definieren elektronische Datenaustauschformate und Klassifikationslösungen, die in Informationssystemen zur Unterstützung elektronischer Geschäftsprozesse eingesetzt werden.

6.2.1.9 Ausführung

Die elektronischen Geschäftsprozesse werden im operativen Betrieb ausgeführt. Verteilte, kollaborative Geschäftsprozesse beteiligter Unternehmen sind durch die E-Business-Lösungen verknüpft, um die *Ausführung* der Geschäftsprozesse zu verbessern.

6.2.1.10 Monitoring

Die operativen Geschäftsprozesse werden kontinuierlich durch ein permanentes *Monitoring* überwacht. Das Monitoring bietet die Basis für eine *kontinuierliche Verbesserung*. Sind Verbesserungspotenziale identifiziert, so werden je nach Bedarf die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells zurückverfolgt und iterativ die Serviceprozessmodelle verbessert und an die sich ändernden Rahmenbedingungen angepasst.

6.2.2 Zusammenhang von Formalisierungsstufen der Modellierungssprache und Lösungen in den Phasen des Vorgehensmodells

Die verwendeten Formalisierungsstufen¹⁴⁰ und Modellierungskonzepte in den einzelnen Phasen des Vorgehensmodells der Anwendung der integrierten Modellierungsmethode werden nachfolgend tabellarisch zusammenfasst (siehe Tabelle 6).

¹⁴⁰ Siehe Abschnitt 6.3.1.

Tabelle 6: Übersicht der Formalisierungsstufen, Modellierungssprachen und Methoden, Modelle und Modellierungskonzepte

Phasen des Vorgehensmodells		Formalisierungsstufen der verwendeten Modellierungssprache	Modellierungssprache	Methoden, Modelle und Modellierungskonzepte
1	Projektinitialisierung	anwendungsorientierte, informale Modellierungssprachen G_1	--	Prozesslandkarte
2	fachliche Modellierung	anwendungsorientierte, informale Modellierungssprachen	eSN	Referenzprozessmodell
3	Feindesign	anwendungsneutrale, semiformale Modellierungssprachen G_1	eSN	domänenspezifische Metamodel- erweiterung, Schichtenmodell
4	technische Modellierung	formale, plattformunabhängige Modellierungssprachen G_2	hSN	domänenspezifische Metamodel- erweiterung, Schichtenmodell
5	Prozessanalyse	anwendungsneutrale, semiformale Modellierungssprachen G_3	eSN	Erreichbarkeits-, Verhaltens- und Strukturanalyse
6	Prozesssimulation	anwendungsneutrale, semiformale Modellierungssprachen G_2	eSN	Petri-Netz-basierte Prozesssimu- lation
7	Prozessbenchmarking	anwendungsneutrale, semiformale Modellierungssprachen G_2	eSN	Prozessbenchmarking
8	Realisierung	maschinenlesbare Program- miersprachen G_4	z. B. hSN, WS- BPEL	E-Business-Lösungen
9	Ausführung	maschinenlesbare Program- miersprachen G_4	z. B. hSN, WS- BPEL	E-Business-Lösungen
10	Monitoring	maschinenlesbare Program- miersprachen G_4	z. B. hSN, WS- BPEL	--

6.3 Modellierungskonzepte für die Modellierung von Serviceprozessen

Für ein erweitertes Verständnis werden relevante *Modellierungskonzepte* eingeführt. Auf ihrer Grundlage werden Serviceprozesse und korrespondierende Serviceobjekte stufenweise in Serviceprozessmodellen auf höheren Abstraktionsebenen und top-down detailliert beschrieben. Die Methode bietet Unterstützung für den evolutionären Entwurf von Geschäftsprozessmodellen: Um Geschäftsprozessmodelle in der Dienstleistungsbeschaffung einerseits für Anwender verständlich und übersichtlich abzubilden und andererseits maschinenlesbar für die Ausführung in Informationssystemen zu beschreiben, soll eine schrittweise Überführung unterschiedlicher Formalisierungsstufen unterschützt werden. Das *Sichtenmodell* [DO96] dient als Modellierungskonzept zur schrittweisen Überführung von unterschiedlichen Formalisierungsstufen von Petri-Netz-Varianten. Die Integration domänenspezifischer Konzepte ermöglicht strukturierte Geschäftsprozessmodelle durch eine schrittweise Formalisierung und Hierarchisierung. Die Hierarchisierung und Modularisierung von Serviceprozessen erfolgt durch ein *Schichtenmodell* [HKS08].

6.3.1 Sichten des Modellierungsansatzes

Ein *Sichtenmodell* von Desel und Oberweis [DO96] beschreibt die schrittweise Überführung der unterschiedlichen Formalisierungsstufen von Petri-Netz-Varianten (siehe Abbildung 86). Bereits in frühen Modellierungsphasen sollen domänenspezifische Modellierungskonzepte integriert werden, um einen höheren zeitlichen und damit finanziellen Aufwand in späteren Modellierungsphasen zu vermeiden. Die Integration der Erweiterungen

vereinfacht die Modellierung von Serviceprozessen für den Modellierer (Fachanwender), ohne jedoch die Verständlichkeit der verwendeten Modellierungssprache (Geschäftsprozessmodelle) zu beeinträchtigen. Modellierungssprachen lassen sich nach Oberweis [Ob96a] formal in vier grundsätzliche Gruppen einteilen: Die erste Gruppe (G_1) bildet die Menge der anwendungsorientierten, informellen Modellierungssprachen auf der informellen Modellierungsebene. Die Modellierungssprachen von G_1 unterstützen die Dokumentation und Visualisierung von Geschäftsprozessen und kommen in den frühen Phasen des Geschäftsprozessmanagements zum Einsatz. Eine eindeutigeren Strukturierung und höhere Abstraktion im Vergleich dazu zeigt die zweite Gruppe (G_2) der anwendungsneutralen, semiformalen Modellierungssprachen auf der semiformalen Modellierungsebene durch eine teilweise Formalisierung der erstellten Geschäftsprozessmodelle. Mit den Modellierungssprachen von G_2 wird die statische Struktur der Geschäftsprozesse modelliert. Die dritte Gruppe (G_3) bildet formale, plattformunabhängige Modellierungssprachen auf der formalen Modellierungsebene. Durch die formale Ausdrucksstärke der Modellierungssprache von G_3 werden präzise Modelle erstellt, die mittels mathematischer Verfahren analysiert und zur Entwicklung von Methoden zur Validierung der modellierten Geschäftsprozessmodelle und zu Plausibilitätsprüfungen eingesetzt werden.

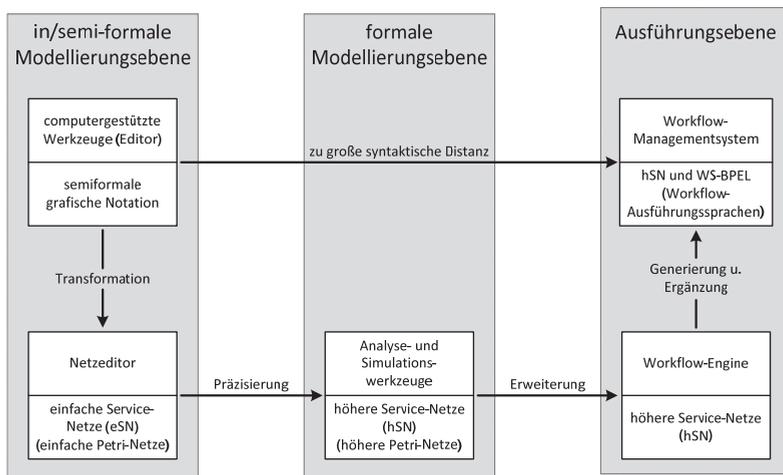


Abbildung 86: Schrittweise Transformation (in Anlehnung an [DO96])

Auf der Basis der formalen, plattformunabhängigen Modellierungssprachen dient die vierte Gruppe (G_4) der maschinenlesbaren Programmiersprachen zur automatisierten Ausführung von Geschäftsprozessen auf der Ausführungsebene. Einfache Petri-Netze können den ersten beiden Gruppen (G_1 , G_2) anwendungsorientierter, informeller und semiformalen Modellierungssprachen zugeordnet werden. Modellierungssprachen dieser beiden Gruppen bilden Geschäftsprozesse für den Anwender übersichtlich und verständlich ab. Ein implizites Domänenwissen der Anwender über Geschäftsprozesse wird sukzessiv explizit beschrieben, domänenspezifisches Wissen über ein abgegrenztes Anwendungsfeld schrittweise aufgebaut und dokumentiert. Die Prozessmodelle sind umgangssprachlich beschrieben und unterliegen wenigen Formalismen, sodass dynamische Aspekte nur auf strukturellem bzw. deskriptivem Niveau zu unterstützen sind. Stellen in einfachen Petri-Netzen haben be-

schränkte Kapazitäten, Marken sind anonymisiert, d. h.: Sie sind nicht unterscheidbar. Für eine einfache Abbildung in frühen Phasen der Modellierung ist es sinnvoll, die Konzepte einfacher semiformalen anwendungsorientierter Modellierungsmethoden zu verwenden, ohne die Verständlichkeit und Einfachheit der Modellierungssprache zu beeinflussen und einzuschränken. Serviceprozesse, die spezifisches Domänenwissen einfordern und auf informeller Ebene modelliert werden sollen, sind weniger geeignet für diese Modellierungsmethode. Nur mit Hilfe von zusätzlichen Informationen der Domänenexperten lassen sich diese Geschäftsprozesse modellieren. Die eingeschränkte formale Ausdrucksmächtigkeit unterbindet die unmittelbare Umsetzung domänenspezifischer Prozesselemente und deren Modellierung mit dieser Petri-Netz-Variante. Für eine formale Modellierung, Analyse und Ausführung von Serviceprozessen und für die Integration von Serviceobjekten und deren präzise individuelle Beschreibung werden die Erweiterungskonzepte in höhere Petri-Netze mit individuellen Marken transformiert und präzisiert. Höhere Petri-Netze (XML-Netze im Rahmen dieser Arbeit) bilden als formale, plattformunabhängige Modellierungssprache die dritte Gruppe von Modellierungssprachen (G_3). Auf der Basis von höheren Petri-Netzen als formale, plattformunabhängige Modellierungssprache stellt die vierte Gruppe (G_4) die maschinenlesbaren Programmiersprachen zur Automatisierung von Serviceprozessen mit integrierter Choreographie und Orchestrierung von Web Services durch WS-BPEL. Web Service-Netze als Erweiterung von XML-Netzen werden zur Modellierung verwendet und in ausführbaren, maschinenlesbaren Code in WS-BPEL transformiert, um Web Services aufzurufen [HKS08, HKT08].

6.3.2 Konzeptuelle Modellierungsschichten

Unterschiedliche Unternehmensbereiche und Unternehmen stellt die Entwicklung von unternehmensübergreifenden betrieblichen Informationssystemen vor Herausforderungen. Ein *Schichtenmodell* (in Anlehnung an [HKS08]) dient dem hierarchischen Aufbau von Serviceprozessmodellen zur Führung komplexer Geschäftsprozesse (siehe Abbildung 87). Softwarearchitekturen, die auf dem Konzept Service-orientierter Architekturen basieren, werden durch einen hierarchischen Aufbau bestimmt. Eine Anordnung von Prozessphasen wird durch Datenflüsse choreographiert, komplexe Prozesse lassen sich durch Web Services orchestrieren. Anwender werden durch ein top-down-Verfahren von spezifischen Prozessphasen bis hin zu detaillierten Geschäftsprozessbeschreibungen geführt, die eine abgestimmte Realisierung der Geschäftsprozesse durch die betrieblichen Informationssysteme auf der Ausführungsebene beschreiben. Die Strukturierung von Geschäftsprozessen wird durch eine Hierarchisierung von Modellierungsebenen verbessert. Das Schichtenmodell unterstützt die Modellierung von Serviceprozessen auf vier unterschiedlichen Abstraktionsebenen von Geschäftsprozessen. Auf der obersten Ebene werden Prozessphasen durch den Daten- und Dokumentenaustausch choreographiert (E_0). Durch die *Choreographie* der Prozessphasen auf der Ebene E_0 wird die Logik des Prozessablaufs von Instanzen des Geschäftsprozessmodells bestimmt. Serviceprozesse lassen sich stufenweise verfeinern, gekapselte Geschäftsprozesse auf hoher abstrakter Ebene durch Prozessphasen modelliert (E_1), verteilte gekapselte Geschäftsprozesse auf einer detaillierteren Ebene durch Prozessmodule repräsentiert (E_2) und elektronische Geschäftsprozesse in Informationssystemen

auf der Ausführungsebene sowie die Beschreibung von Geschäftsprozessen Serviceorientierter Architekturen auf der untersten Modellierungsebene modelliert (E_3). Prozessphasen bestehen aus Prozessmodulen, die durch unternehmensinterne und unternehmensübergreifende Prozessschnittstellen miteinander verknüpft sind (E_1). Prozessmodule kapseln Geschäftsprozesse und Teilprozesse, die aus manuellen, semiautomatisierten und automatisierten Aktivitäten bestehen und orchestriert werden (E_2).

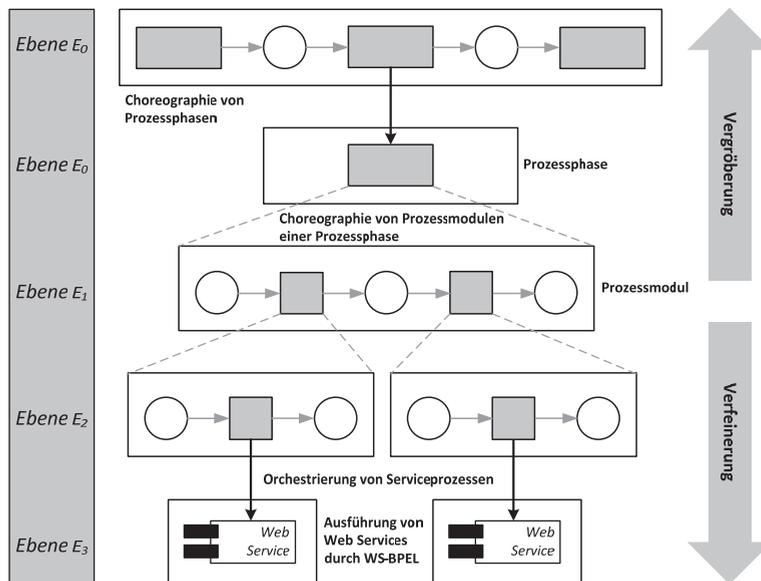


Abbildung 87: Schichtenmodell zur systematischen Verfeinerung von Serviceprozessen (in Anlehnung an [HKS08])

In Geschäftsprozessmodellen für die Beschaffung von Dienstleistungen in Service Chains dient eine Choreographie als Bindeglied zwischen den *Orchestrierungen*. Prozessmodule und Serviceprozesse auf den Ebenen E_1 und E_2 werden orchestriert. Dadurch ist ein konkreter Ablauf von Prozessmodulen und Geschäftsprozessen definiert. Eine Kombination der beiden Koordinationsmuster Choreographie und Orchestrierung führt dazu, dass Prozessphasen durch den Nachrichtenaustausch choreografiert und sie bzw. ihre internen Serviceprozesse nach dem Prinzip der Orchestrierung gestaltet werden. Aus der Verbindung von einzelnen internen Serviceprozessen resultiert ein globaler, unternehmensübergreifender Serviceprozess, der das Zusammenspiel von internen Serviceprozessen konform definiert [DW07a, MA05a]. Für die Umsetzung von kollaborativen Geschäftsprozessen in Informationssystemen werden eindeutige Geschäftsprozessmodelle benötigt, die im Detail die Wirklichkeit von Geschäftsprozessen im Kontext einer Prozesschoreographie bestimmen. Kompatibilität und konsistentes Verhalten der Geschäftspartner spielen eine wichtige Rolle in Kollaborationen. Bei einem erfolglosen Interaktionsverhalten treten Inkompatibilitäten durch unterschiedliche Nachrichtenformate bzw. falsche Informationen auf, sodass sich Sender und Empfänger nicht verstehen¹⁴¹. Semi-automatisierte und automatisierte

¹⁴¹ Treten Inkompatibilitäten auf, so werden diese Situationen *Deadlocks* genannt. Die Kompatibilität von Geschäftsprozessen in Kollaborationen wird in die *strukturelle (syntaktische) Kompatibilität* und in die

Teilprozesse (elektronische Geschäftsprozesse (Workflows)) und deren Aktivitäten werden durch Web Services ausgeführt und orchestriert (E_2). Auf der untersten funktionalen Ebene E_3 sind gekapselte Web Services für die horizontale und vertikale Integration verschiedener Systeme zu beschreiben.

In der Domäne der Dienstleistungsbeschaffung wirken Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager bei der Ausführung eines Beschaffungsvorgangs von Dienstleistungen zusammen. Die Choreographie wird eingesetzt, um aus mehreren orchestrierten Serviceprozessen einen übergreifenden Serviceprozess zu definieren. Sie beschreibt die Interaktionen zwischen den Partnern zur Durchführung der Beschaffung von Dienstleistungen, die aus auszutauschenden Nachrichten bestehen [SB11, We07]. Die Reihenfolge der ausgetauschten Daten und Dokumente ist festgelegt. Zulässige Nachrichtenabfolgen zwischen einem Partner oder mehreren Partnern, die interagieren, werden beschrieben. Interne Geschäftsprozesse geben das Verhalten der jeweiligen Geschäftspartner an. Diese Vorgehensweise ist bei der Entwicklung von branchenspezifischen Standards und Vorgaben für die Abbildung bestimmter Interaktionen zwischen verschiedenen Partnern von Interesse [Al08, De09, GDW09]. Diese Abbildung ist die Grundlage für Vereinbarungen und Verträge der einzelnen Partner, um die erforderlichen Prozessschnittstellen in komplexen Business-to-Business-Szenarien der Dienstleistungsbeschaffung darzustellen. Das Interaktionsverhalten wird durch Prozesschoreographien beschrieben und durch Serviceprozesse zur Unterstützung von Prozessinteraktionen modelliert. Prozesschoreographien dienen zur Repräsentation und zum Management von unternehmensübergreifenden Interaktionen. Das Interaktionsverhalten wird durch ein Geschäftsprozessmodell modelliert und dient als Basis der Kollaboration zwischen Geschäftspartnern. Geschäftsprozessmodelle in bilateralen und multilateralen Wertschöpfungsstrukturen können auch als *Interaktionsmodelle* bezeichnet werden [We07].

6.4 Modellierung von ablaufrelevanten Prozessobjekten

Mevius und Oberweis [Me06, Ob96a] beschreiben Prozessobjekte als statische (objektbezogene) Komponenten in Geschäftsprozessen. Statische Komponenten sind Datenschemata und werden durch Prozessobjekte in Geschäftsprozessen modelliert. Prozessobjektmodelle unterstützen die Wiederverwendung von Prozessobjekten im Rahmen des Geschäftsprozessmanagements. Prozessobjekte beeinflussen die dynamische Folge der Geschäftsprozesse und bilden eine Basis für die Analyse und Simulation. Serviceprozesse lassen sich aufgrund ihrer zeitlichen und sachlichen Zusammenhänge in Teilprozesse unterteilen. Teilprozesse werden in Aktivitäten verfeinert. Serviceobjekte sind Inputobjekte der gesamten Geschäftsprozesse, auch Inputobjekte von Teilprozessen oder Aktivitäten bzw. Outputobjekte von Teilprozessen oder Aktivitäten, so auch Outputobjekte des gesamten Serviceprozesses.

Verhaltenskompatibilität unterschieden. Die syntaktische Kompatibilität fordert für jede gesendete Nachricht, dass der korrespondierende Geschäftspartner in der Lage sein muss, sie zu empfangen und auch eine Nachricht zu senden. Die Verhaltenskompatibilität betrachtet die Verhaltensabhängigkeiten und den Kontrollfluss zwischen verschiedenen Nachrichtenaustauschaktivitäten.

6.4.1 XML-basierte Modellierung von Serviceobjekten

Die domänenspezifische Metamodellerweiterung (siehe Kapitel 5) dient als Bezugsrahmen für die Identifikation von ablaufrelevanten Serviceobjekten. Die Modellierung von Geschäftsprozessen erfasst alle relevanten Elemente der Prozesse, um sie systematisch zu beschreiben und die elektronische Beschaffung von Dienstleistungen sowie den inner- und überbetrieblichen Datenaustausch zu gestalten¹⁴². Serviceobjekte werden als statische Datenanforderung von höheren Petri-Netzen definiert und spezifiziert. Die Beschreibung der Objektstruktur erfolgt mit XML-Schema. Für die grafische Repräsentation wird das XML-Schema-Modell (XSM) [Le03a] verwendet. Die *eXtensible Markup Language (XML)* [W3C08] schafft Möglichkeiten für eine effizientere Gestaltung von Handelsbeziehungen. Der Hauptnutzen von XML liegt im elektronischen Datenaustausch über das Internet. Das Internet ermöglicht eine effektive, zwischenbetriebliche Kommunikation. XML als Beschreibungssprache passt Dokumente und Prozesse flexibel den Anforderungen der Unternehmen an und befähigt die Unternehmen, plattformunabhängige Protokolle für den Datenaustausch im Bereich des E-Business zu definieren. Damit wird Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern durch den Datenaustausch der XML-basierten strukturierten Informationen eine automatische Weiterverarbeitung der Informationen ermöglicht. Objekte in technischen Anwendungen haben häufig komplexe Strukturen, d. h.: Einzelne Eigenschaften oder Komponenten dieser Objekte können selbst wieder strukturierte Objekte darstellen. Die Behandlung komplexer Objektstrukturen im Zusammenhang mit betrieblichen Abläufen erfordert zum einen Beschreibungskonzepte und zum anderen Sprachkonzepte zur Manipulation solcher Objekte [Ob96a]. Die XML-basierte Modellierung der statischen Datenmodellierung unterstützt die überbetriebliche Modellierung und den elektronischen Datenaustausch. Mit der Zielsetzung einer integrierten Modellierung von Serviceobjekten in Serviceprozessen wird die Repräsentation von komplexen XML-Dokumenten in der elektronischen Beschaffung unterstützt. Serviceobjekte stellen Ausprägungen des elektronischen Datenflusses betriebswirtschaftlicher Daten in Service Chains am Beispiel der Dienstleistungsbeschaffung dar. Der inner- und überbetriebliche Datenaustausch in betrieblichen Informationssystemen zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern wird mit der Methode der integrierten Servicemodellierung formal modelliert. Ein Serviceobjekt kann durch seinen Aufbau elementar sein (z. B. eine Dienstleistungsbezeichnung) oder über eine komplexe Struktur verfügen (z. B. eine Dienstleistungsbeschreibung). Die Modellierung von Serviceobjekten erfasst domänenspezifische Anforderungen an den abzubildenden Objektinhalt, der sich aus den zu beschreibenden Dienstleistungen mit ihren charakteristischen Eigenschaften ergibt. Dazu gehören u. a.

- Informationen über den Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager
- elektronische Klassifikation der Dienstleistung mit zugehörigen Merkmalen
- eingesetzte Ressourcen wie Arbeitskräfte, IT-Ressourcen und Software

¹⁴² Weitere Modellierungssprachen zur Modellierung von hybriden Produkten als Ausprägung von Serviceobjekten sind bspw. das *Molecular model* [Sh77], *Service Blueprinting* [Sh82], *poDLE* [Ha04], *Business Integration Model* [Lu91], *Coloured Petri Nets* [WL06a, Wi07a], *HyproDesign-Modellierungssprache* [BBK+08, BBK+09b] und *FlexNet Architect* [BBK+11]. Weitere Ansätze finden sich in [BKB+09c, CG03, KI07] und [KLH05].

- das Objekt, an dem die Dienstleistung ausgeführt werden soll (externer Faktor)
- einfache und komplexe Dienstleistungsbeschreibungen (hierarchische Dienstleistungsstrukturen)

Es werden Beispiele für Serviceobjekte als XML-Schema-Modelle vorgestellt, die über die oben genannten Eigenschaften verfügen.

6.4.1.1 Serviceobjekt „industrielle Dienstleistungsbeschreibung“ in XSM-Darstellung

Eine *industrielle Dienstleistungsbeschreibung* beinhaltet Informationen zum Kunden (*Dienstleistungsnachfrager*), zum Dienstleister (*Dienstleistungsanbieter*) und *Konditionen* wie bspw. Rabatte oder Zuschläge. Darüber hinaus enthalten industrielle Dienstleistungsbeschreibungen eine oder mehrere *industrielle Dienstleistungen* (Abbildung 88).

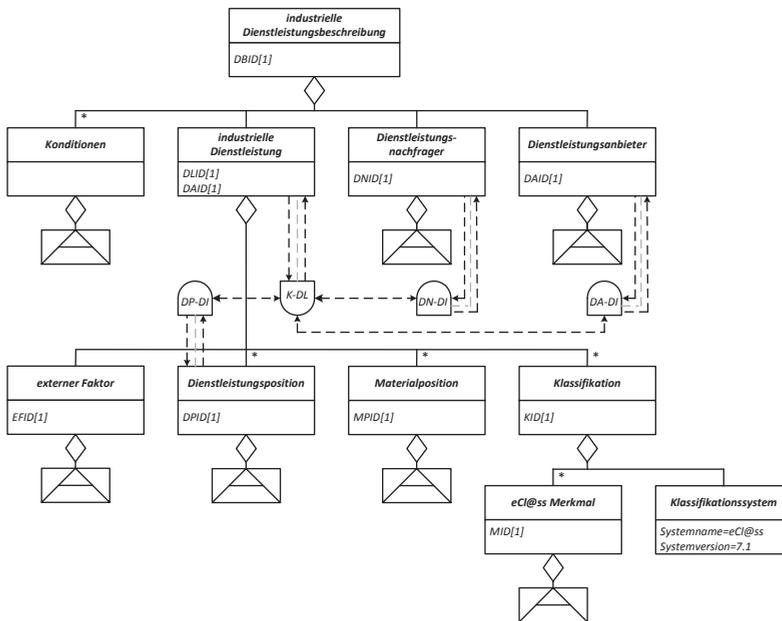


Abbildung 88: Serviceobjekt *industrielle Dienstleistungsbeschreibung* in XSM-Darstellung

Die in diesem Modell beschriebenen Serviceobjekte besitzen das Attribut *DBID* zur eindeutigen Identifizierung. Jede *industrielle Dienstleistung* verfügt über eine eindeutige ID durch die Attribute *DLID* zur Identifizierung innerhalb des Serviceobjekts und *DAID* für die Zuweisung eines Dienstleistungsanbieters. Eine industrielle Dienstleistung setzt sich aus einem *externen Faktor*, *Dienstleistungspositionen*, *Materialpositionen* und *Klassifikationsstrukturen* (*Klassifikation*) zusammen. Für eine *industrielle Dienstleistung* sind eine *Klassifikation* oder mehrere *Klassifikationen* zu bestimmen mit Angabe des *Klassifikationssystems* und mit den Attributen *Systemname* und *Systemversion*. Zum *Klassifikationssystem* werden auch die zugehörigen Merkmale (*eCl@ss Merkmal*) mit einer eindeutigen ID (*MID*) angegeben. Weitere mögliche Informationen kürzt aus Gründen der

Übersichtlichkeit jeweils der Elementplatzhalter **anyType** ab. Einer industriellen Dienstleistung sind mehrere Dienstleistungs- und Materialpositionen, Klassifikationen und ein externer Faktor zugeordnet. **Dienstleistungsnachfrager** (DN), **Dienstleistungsanbieter** (DA) sowie **Dienstleistungspositionen** (DP) werden über Substitutionstypen definiert. Die Zuordnung zur industriellen Dienstleistung erfolgt über Fremdschlüsselbeziehungen (DN-DI, DA-DI und DP-DI). Eine industrielle Dienstleistung wird über einen Primärschlüssel (κ -DL) eindeutig identifiziert und über DLID selektiert. Die Selektion von DN, DA und DP erfolgt mit Hilfe der Fremdschlüsselbeziehung über die Nummern DNID, DAID und DPID.

6.4.1.2 Serviceobjekt „Geschäftsdokumenttyp Leistungsverzeichnis“ in XSM-Darstellung

Das Element **Leistungsverzeichnis** besteht aus einem **Kopfteil** und einem **Hauptteil** und besitzt das Attribut **LVID** als eindeutige Nummer (Abbildung 89).

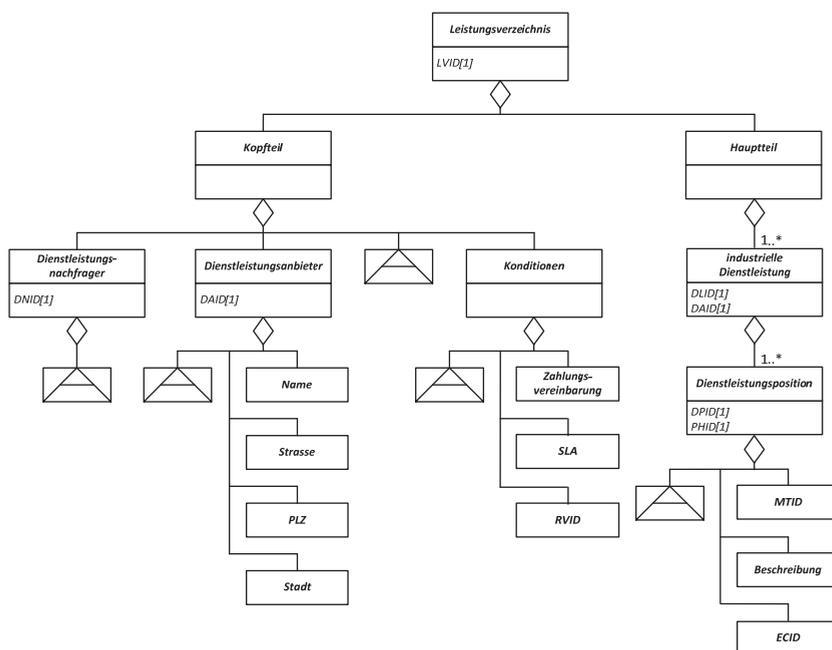


Abbildung 89: Serviceobjekt *Leistungsverzeichnis* (Ausschnitt) in XSM-Darstellung

Im **Kopfteil** werden **Dienstleistungsnachfrager**, **Dienstleistungsanbieter**, allgemeine **Konditionen** und weitere Elemente (**any**) definiert. Ein **Dienstleistungsnachfrager** lässt sich durch die Elemente **Name**, **Strasse**, **PLZ**, **Stadt** und durch weitere Elemente (**any**) beschreiben. Er besitzt das Attribut **DNID** als eindeutige ID. Das Element **Dienstleistungsanbieter** verfügt über das Attribut **DAID** als eindeutige ID und wird durch weitere Elemente (**anyType**) bestimmt. **Konditionen** werden durch die Elemente **Zahlungsvereinbarung**, Service Level Agreement (**SLA**) und durch eine zugeordnete Rahmenvertragsnummer (**RVID**) beschrieben. Der **Hauptteil** definiert die Beschreibung einer industriellen Dienstleistung (**industrielle Dienstleistung**) mit den Attributen **DLID** zu eindeutigen Identifizierung und **DAID** für die Zuweisung eines Dienstleistungsanbieters. Das Element **industrielle Dienstleistung** besteht aus **Dienstleistungspositionen**. Eine **Dienstleistungsposition** besitzt

die Attribute **DPID** für eine eindeutige ID und **PHID** für eine Position innerhalb der Hierarchie von Dienstleistungspositionen und wird weiter durch Material-ID (**MTID**), eine **Beschreibung** und durch eine Klassifikationsnummer (**ECID**) definiert. Listing 6 zeigt das zugehörige XML-Schema auf.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" element-
FormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:annotation>
    <xs:documentation xml:lang="DE">Beispiel XML-Schema für ein Leis-
    tungsverzeichnis (vereinfacht)</xs:documentation>
  </xs:annotation>
  <!--Definition einfache Elementtypen-->
  <xs:element name="Dienstleistungsanbieter" type="xs:anyType"/>
  <xs:element name="Name" type="xs:string"/>
  <xs:element name="Strasse" type="xs:string"/>
  <xs:element name="PLZ" type="xs:string"/>
  <xs:element name="Stadt" type="xs:string"/>
  <xs:element name="Zahlungsvereinbarung" type="xs:string"/>
  <xs:element name="SLA" type="xs:string"/>
  <xs:element name="RVID" type="xs:integer"/>
  <xs:element name="MTID" type="xs:integer"/>
  <xs:element name="Beschreibung" type="xs:anyType"/>
  <xs:element name="ECID" type="xs:string"/>
  <!--Definition Attribute-->
  <xs:attribute name="DLID" type="xs:integer"/>
  <xs:attribute name="LVID" type="xs:integer"/>
  <xs:attribute name="DPID" type="xs:integer"/>
  <xs:attribute name="PHID" type="xs:integer"/>
  <xs:attribute name="DAID" type="xs:integer"/>
  <xs:attribute name="DNID" type="xs:integer"/>
  <!--Definition komplexe Elementtypen-->
  <xs:element name="Leistungsverzeichnis">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Kopfteil"/>
        <xs:element ref="Hauptteil"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attribute ref="LVID" use="required"/>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="Kopfteil">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Dienstleistungsanbieter"/>
        <xs:element ref="Dienstleistungsnachfrager"/>
        <xs:element ref="Konditionen"/>
        <xs:any/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="Dienstleistungsnachfrager">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Name"/>
        <xs:element ref="Strasse"/>
        <xs:element ref="PLZ"/>
        <xs:element ref="Stadt"/>
        <xs:any/>
      </xs:sequence>
      <xs:attribute ref="DNID" use="required"/>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="Konditionen">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Zahlungsvereinbarung"/>

```

```

        <xs:element ref="SLA"/>
        <xs:element ref="RVID"/>
        <xs:any/>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="Hauptteil">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="industrielle Dienstleistung"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="industrielle Dienstleistung">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="unbounded">
            <xs:element ref="Dienstleistungsposition"/>
        </xs:sequence>
        <xs:attribute ref="DLID" use="required"/>
        <xs:attribute ref="DAID" use="required"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="Dienstleistungsposition">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="unbounded">
            <xs:element ref="MTID"/>
            <xs:element ref="Beschreibung"/>
            <xs:element ref="ECID"/>
            <xs:any/>
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="DPID" type="xs:integer"/>
        <xs:attribute name="PHID" type="xs:integer"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

Listing 6: XML-Schema des Serviceobjekts *Leistungsverzeichnis* aus Abbildung 89

6.5 Erweiterung von Petri-Netzen für die Modellierung von Serviceprozessen

Für die Modellierung von Serviceprozessen werden Petri-Netze um neu definierte Stereotypen als syntaktische Erweiterung ergänzt, ohne die Semantik und die spezifischen Eigenschaften von Petri-Netzen zu verändern. Eine unmittelbare Integration spezifischer Erweiterungen wird von bestehenden Varianten einfacher und höherer Petri-Netze nicht ermöglicht. Auf der Modellierungsebene bilden die domänenspezifischen Erweiterungen die Basis für eine detaillierte und präzise Modellierung von Serviceprozessen (*design time*), um Serviceprozesse auf der Ausführungsebene zu integrieren (*run time*). Die neu definierten Stereotypen vereinfachen die Modellierung von Serviceprozessen für die Fachanwender durch eine adäquate und unmissverständliche Visualisierung spezifischer Modellierungselemente, sodass sich die Lesbarkeit und Verständlichkeit und damit die Semantik der Modellierungssprache verbessern. *Einfache Service-Netze (eSN)* auf der Basis von einfachen Petri-Netzen und darauf aufbauend *höhere Service-Netze (hSN)* auf der Basis von XML-Netzen werden entwickelt. Bei einer Modellierung einfacher Service-Netze auf einer initialen, informellen bzw. semiformalen Modellierungsebene werden Stellen von Petri-Netzen als Objektspeicher betrachtet, die den jeweiligen Zustand eines Geschäftsprozesses visualisieren und Objektcontainer für Serviceobjekte darstellen. Domänenspezifische Prozessschnittstellentypen zur Visualisierung des Prozesszustands zwischen internen und unter-

nehmensübergreifenden Serviceprozessen werden definiert. Transitionen repräsentieren ausführbare Aktivitäten oder vergrößerte Geschäftsprozesse. Sie transformieren Prozess-Input in Prozess-Output unter Verwendung der notwendigen Ressourcen und symbolisieren damit die Übergänge zwischen den verschiedenen Zuständen eines Geschäftsprozesses. In Geschäftsprozessmodellen in der Dienstleistungsbeschaffung beschreiben Transitionen domänenspezifische Transitionenkonzepte und strukturieren Geschäftsprozessmodelle. Die limitierte Ausdrucksmächtigkeit vieler einfacher Petri-Netz-Varianten erweist sich als problematisch. Es lassen sich nicht mit Hilfe beliebiger einfacher Petri-Netz-Varianten die spezifischen Knoten der Geschäftsprozessmodelle definieren. Erst die Erweiterung des Markenkonzeptes bzw. die Verwendung von Stellen/Transitions-Netzen (S/T-Netze) mit Stellenkapazitäten lassen vereinfachte Modellierungszustände zu und schaffen eine adäquate Modellierungsgrundlage. Eine mengenmäßige Erfassung von Prozessobjekten wird unterstützt, die jedoch nicht voneinander unterscheidbar sind. Um Serviceprozesse zu modellieren, ist eine syntaktische Ergänzung der Definition von Petri-Netzen notwendig. Durch die Definition spezifischer Stellen und Transitionen und durch die Typisierung ist eine Unterscheidung von anderen Stellen und Transitionen in Geschäftsprozessmodellen möglich. Service-Netze beschreiben den Datenfluss der Beschaffung von Dienstleistungen und die Interaktion verschiedener Unternehmen, die an den Geschäftsprozessen partizipieren. Mit Petri-Netzen wird die Kopplung verschiedener Unternehmen dargestellt [Aa00a]. Während der Modellierung von komplexen Serviceprozessen entwickeln sich komplexe Geschäftsprozessmodelle. Dadurch werden die resultierenden Geschäftsprozessmodelle der Serviceprozesse für den Betrachter unübersichtlich. Für eine bessere Übersicht und Strukturierung sind die Serviceprozesse der beteiligten Prozessteilnehmer (interne Serviceprozesse) als interne Abläufe innerhalb eines Unternehmens in verschiedene Bereiche unterteilt und in *Pools* modelliert. Geschäftsprozesse und Teilprozesse, die Interaktionen zwischen privaten Geschäftsprozessen und Serviceprozessen unterschiedlicher Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager repräsentieren, werden als abstrakte Geschäftsprozesse zwischen den Pools der privaten Geschäftsprozesse modelliert. Die Modularisierung von unternehmensübergreifenden Serviceprozessen sowie die Kollaboration als ein spezifisches Merkmal von Serviceprozessen sind in die Modellierungsmethode zu integrieren. Kollaborative (globale) Geschäftsprozesse stellen das Zusammenspiel zwischen privaten und abstrakten Geschäftsprozessen dar, die miteinander verknüpft sind¹⁴³.

6.5.1 Einfache Service-Netze (eSN)

In einfachen Service-Netzen (eSN) werden spezifische Stellentypen definiert und in Abhängigkeit von den spezifischen Serviceobjekten der jeweiligen Stelle typisiert. So ist in

¹⁴³ Für die Unterstützung der Modellierung von Geschäftsprozessen in Kollaboration existieren verschiedene Modellierungssprachen [De08], wie bspw. *UML* [OMG11a], die *Business Process Schema Specification (BPSS)* [Cr03b, OASIS06], *Let's Dance* [ZDH+06], *BPMN 2.0* [OMG11e], BPMN-spezifische Erweiterungen (*iBPMN* [DB08]), *WS-CDL* [KBR+05], *WSCL* [BBB+02] und *Enterprise Integration Pattern* [HW04]. Petri-Netz-basierte Ansätze zur Modellierung von Interaktionen durch Orchestrierungen und Choreographien von Geschäftsprozessen und Web Services sind bspw. *open-Netze* [AMS+09, BCE+01, LMW07], *Workflow-Netze* [Aa98a], *Workflow Module* [Ma04, MA05b], *Interaktions-Petri-Netze* [DW07b] und *Service Interaction Pattern* [AMS+09, BDH05].

Geschäftsprozessmodellen eine Unterscheidung der Stellentypen möglich. Spezifische Transitionstypen beschreiben Serviceaktivitätstypen in Service-Netzen. Kanten stellen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Prozesselementen dar.

6.5.1.1 Stellentypen einfacher Service-Netze

Für Geschäftsprozessmodelle in der Dienstleistungsbeschaffung werden Serviceobjekt-spezifische Stellentypen eingeführt. Sie repräsentieren Stellen innerhalb einfacher Service-Netze, die Serviceobjekte enthalten. Eine *Serviceobjektstelle* (*SO-Stelle*) wird durch eine normale Stelle symbolisiert und bildet einen Container für beliebige Serviceobjekte in Serviceprozessen. *Serviceschnittstellen* (*SI-Stelle*) unterscheiden sich von *Servicedokumentstellen* (*SD-Stelle*) in einfachen Service-Netzen. Eine *SI-Stelle* stellt eine inner- und überbetriebliche Schnittstelle für den dienstleistungsspezifischen Datenfluss innerhalb der Informationssysteme und zwischen den Informationssystemen dar. Nach Brenig [Br90] definiert eine Prozessschnittstelle eine Beziehung zwischen Geschäftsprozessen, Teilprozessen und Aktivitäten. Prozessschnittstellen bilden sachlogische Austauschbeziehungen oder zeitlogische Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen ab. Inner- und überbetriebliche Prozessschnittstellen in Service-Netzen sind das Bindeglied zwischen den Serviceprozessen eines Prozessteilnehmers (unternehmensintern) und verketteten Serviceprozesse zwischen Dienstleistungsnachfragern und Dienstleistungsanbietern (unternehmensübergreifend). Sie beschreiben eine dienstleistungsspezifische Austauschbeziehung zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager. Eine *statische Serviceschnittstelle* bildet einerseits einen direkten Übergang zwischen den Teilprozessen (Symbol: ☺) und andererseits einen Platzhalter für noch nicht modellierte gekapselte Transitionen, die durch eine *dynamische Serviceschnittstelle* (Symbol: ☻) einen Übergang darstellt, der aus mehreren Aktivitäten besteht. Eine *Servicedokumentstelle* (*SD-Stelle*) dient als Objektcontainer für Servicedokumenttypen und beschreibt die folgenden Dokumenttypen: *Rahmenvertrag RV*, *Leistungsverzeichnis LV*, *Anfragedokument AF*, *Angebotsdokument (Nachtragsangebot) AG*, *Verhandlungsprotokoll VP*, *Auftragsdokument (Teilauftrag) AT*, *Auftragsbestätigungsdokument AB*, *Aufmaßdokument (Teilaufmaß) AM*, *Abnahmeprotokoll AP*, *Rechnungsdokument (Teilrechnung) RE*, *Gutschriftdokument (Teilgutschrift) GS*, *Zahlungsbestätigungsdokument ZB*. Eine *Servicedokumentstelle* ist grafisch durch das Symbol ☐ festgelegt. Ein kollaborativer Serviceprozess zwischen einem Dienstleistungsnachfrager und einem Dienstleistungsanbieter wird vorgestellt (siehe Abbildung 90). Ein bestehender Dienstleistungsbedarf wird erfasst, ein Leistungsverzeichnis definiert (*LV*) und eine Anfrage erstellt. Die Anfrage ist vom Dienstleistungsnachfrager zu prüfen, die Leistungen sowie Zeiten und Ressourcen werden kalkuliert und mit dem Dienstleistungsanbieter verhandelt. Der Dienstleistungsanbieter erstellt ein Angebot und sendet es dem Dienstleistungsnachfrager. Nach Prüfung des Angebots kann der Dienstleistungsnachfrager das Angebot annehmen oder ablehnen. Die Serviceprozesse beider Prozessteilnehmer sind separat abgebildet, ermöglichen die exakte Prozessdarstellung zweier verschiedener Sichten, werden durch Pools separiert und über Schnittstellen miteinander zu überbetrieblichen Serviceprozessen verbunden. Die Lesbarkeit von Serviceprozessmodellen verbessert sich dadurch deutlich. Die unternehmensübergreifenden Prozessschnittstellen sind *Servicedokumentstellen* („Anfra-

ge“ und „Angebot“) und dynamische Serviceschnittstellen („Annahme“ und „Ablehnung“). Die dynamischen Serviceschnittstellen repräsentieren Platzhalter für gekapselte Teilprozesse. Die internen Serviceprozesse eines Dienstleistungsanbieters und eines Dienstleistungsnachfragers werden durch die Prozessschnittstellen zu einem kollaborativen Serviceprozess verknüpft. Zur Hierarchisierung bzw. Modularisierung von Serviceprozessen werden *Serviceprozessphasen* und *Serviceprozessmodule* eingeführt.

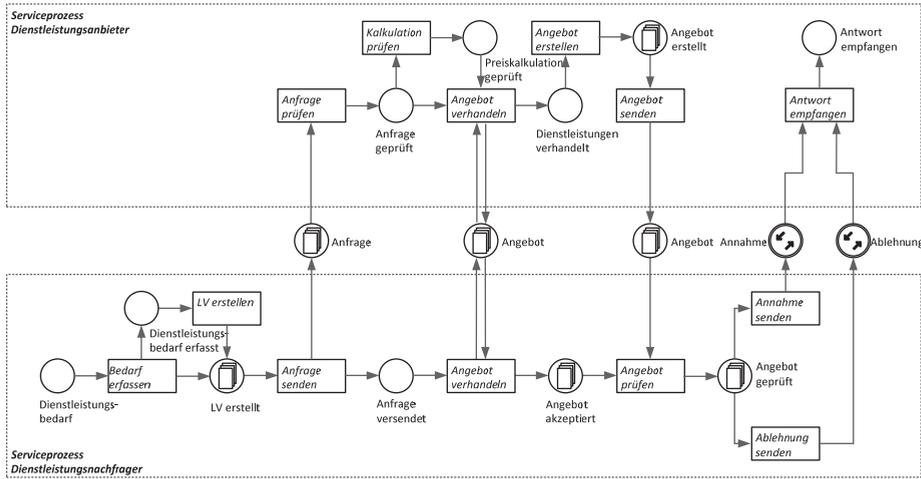


Abbildung 90: Kollaborativer Serviceprozess mit Darstellung der Teilprozesse durch Pools

6.5.1.2 Transitionstypen einfacher Service-Netze

In einfachen Service-Netzen werden die Transitionstypen *Serviceprozessphasen* und *Serviceprozessmodule* unterschieden. Eine *Serviceprozessphase* beschreibt eine in sich abgeschlossene Menge an Serviceprozessen von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern. Die domänenspezifischen Serviceprozessphasen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden durch das Referenzprozessmodell (siehe Kapitel 7) repräsentiert. Eine Serviceprozessphase kapselt transitionsberandete Serviceprozesse und lässt sich als Vergrößerung einer Transition abbilden¹⁴⁴. Durch unternehmensübergreifende Schnittstellen werden Serviceprozessphasen verknüpft (Tabelle 7).

Tabelle 7: Serviceprozessphasen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung

Bezeichnung Serviceprozessphase	Symbol Serviceprozessphase		
Verhandlung (VH)	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: center;">VH</td></tr></table>	P	VH
P	VH		
Anfrage (AF)	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: center;">AF</td></tr></table>	P	AF
P	AF		
Angebot (AG)	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: center;">AG</td></tr></table>	P	AG
P	AG		
Auftrag (AT)	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: center;">AT</td></tr></table>	P	AT
P	AT		
Ausführung (AS)	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: center;">AS</td></tr></table>	P	AS
P	AS		

¹⁴⁴ Vergrößerte Transitionen, die einen Subprozess definieren, sind durch je einen Balken auf der linken und rechten Seite einer Transition dargestellt.

Bezeichnung Serviceprozessphase	Symbol Serviceprozessphase
Aufmaß (AM)	
Abnahme (AB)	
Abrechnung (AR)	

Eine Serviceprozessphase stellt eine syntaktische Erweiterung einer Transition dar, wird mit einem stilisierten „P“ gekennzeichnet und innerhalb eines Serviceprozesses grafisch mit dem Symbol  visualisiert. Ein *Serviceprozessmodul* repräsentiert einen in sich abgeschlossenen Serviceprozess innerhalb einer Serviceprozessphase eines Kollaborationsteilnehmers (transitionsberandeter Serviceprozess). Serviceprozessmodule werden zu kollaborativen Geschäftsprozessen aggregiert, durch unternehmensinterne und -übergreifende Schnittstellen abgegrenzt und als syntaktische Erweiterung von Transitionen mit einem stilisierten „M“ gekennzeichnet. Der Kollaborationsteilnehmer (Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager) des gekapselten (Teil-)Prozesses sowie die zugehörige Serviceprozessphase eines Serviceprozessmoduls werden angegeben. Ein Serviceprozessmodul wird innerhalb eines Serviceprozesses grafisch mit dem Symbol  deutlich gemacht. Die Rolle des Kollaborationsteilnehmers und die zugehörige Serviceprozessphase sind annotiert. Die Modellierung von Serviceprozessen erfolgt nach dem Schichtenmodell (siehe Abschnitt 6.3.1). Auf der detaillierten Modellierungsebene E_2 werden Serviceprozesse mit Prozessobjektstellen und Serviceobjekt-spezifischen Stellen modelliert und auf den höheren Modellierungsebenen E_1 und E_0 durch Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodule als Platzhalter dargestellt. Serviceprozesse des Serviceprozessmodells sind dadurch besser strukturiert (siehe Abbildung 91).

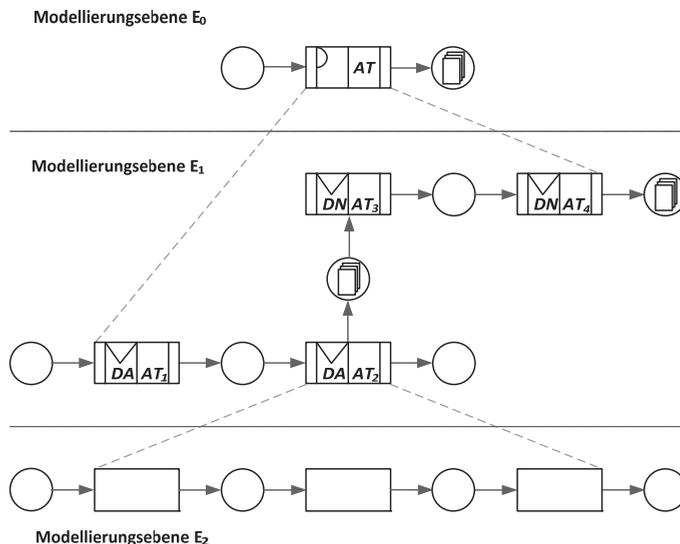


Abbildung 91: Hierarchische Strukturierung von Serviceprozessen

Stellen und Serviceobjekt-spezifische Stellen bilden Input- und Outputstellen von adjazenten Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodulen. Serviceobjekt-spezifische Stellen werden bei einfachen Service-Netzen nicht typisiert, die Kanten nicht mit Filterschemata beschriftet. Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodule werden mit einfachen Service-Netzen im Sinne einer *Black-Box* verwendet. Die jeweilige detaillierte Beschreibung und Modellierung von Service-Netzen kann ausgeblendet werden. In einer frühen Modellierungsphase lässt sich durch das jeweilige Symbol einer Serviceprozessphase und eines Serviceprozessmoduls ein Platzhalter für einen zugehörigen Geschäftsprozess angeben und zu späteren Zeitpunkten ausmodellieren. Spezifische Serviceprozesse werden den jeweiligen Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodulen zugeordnet. Diese syntaktischen Erweiterungen strukturieren und hierarchisieren komplexe Serviceprozesse.

Ein Beispielprozess auf der Modellierungsebene E_1 wird modelliert (Abbildung 92). Ein Serviceprozessmodul AG_1 ersetzt den kollaborativen Serviceprozess *Angebot* des Dienstleistungsanbieters. Das Serviceprozessmodul besitzt die Servicedokumentstelle *Anfrage* als Input- und die Servicedokumentstelle *Angebot* als Outputstelle.

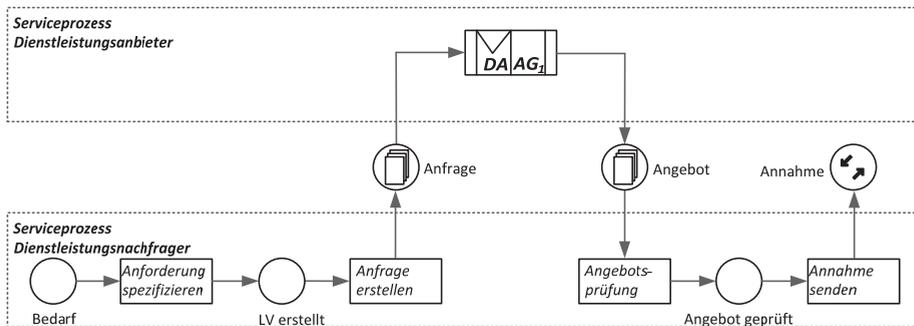


Abbildung 92: Strukturierung durch Hierarchisierung mit Serviceprozessmodulen auf der Modellierungsebene E_1

6.5.1.3 Formale Definition von einfachen Service-Netzen

Einfache Service-Netze (*eSN*) stellen die erste Phase der Modellierung von Serviceprozessmodellen in der Dienstleistungsbeschaffung dar. Sie erweitern einfache Petri-Netze durch die Unterscheidung von spezifischen Stellen und Transitionen als syntaktische Erweiterung. Dieses Konzept macht in einem einfachen Service-Netz die Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodule sowie ihre Input- und Outputstellen kenntlich. Input- und Outputstellen eines *eSN* werden unterteilt in die Menge der Serviceobjekt-spezifischen Stellen *SPS* und in die Menge der Prozessobjektstellen *SPO*. Die Serviceobjekt-spezifischen Stellen *SPS* sind weiter untergliedert in *Serviceobjektstellen* (*SO-Stelle*), *Serviceschnittstellen* (*SI-Stelle*) und *Servicedokumentstellen* (*SD-Stelle*). Eine *SO-Stelle* repräsentiert einen Objektcontainer für Serviceobjekte zum innerbetrieblichen Datenaustausch in Serviceprozessen. Eine statische *SI-Stelle* stellt einen Schnittstellen-Objektcontainer für Serviceobjekte für den überbetrieblichen Datenaustausch in Serviceprozessen dar. Eine dynamische *SI-Stelle* steht für einen gekapselten Schnittstellenprozess, der aus mehreren Aktivitäten besteht, und lässt sich als vergrößerte Stelle eines gekapselten, stellenberande-

ten Teilnetzes modellieren. Eine SD-Stelle repräsentiert einen Objektcontainer für den dokumentenspezifischen Datenaustausch in inner- und überbetrieblichen Serviceprozessen. Transitionen eines eSN sind unterteilt in die Menge der Prozessaktivitäten TPA und die Menge der Serviceprozessaktivitäten TPS , die weiter untergliedert wird in Serviceprozessphasen (SP -Transitionen) und Serviceprozessmodule (SM -Transitionen). Eine Serviceprozessphase stellt einen gekapselten Serviceprozess dar, der aus Serviceprozessmodulen besteht. Ein Serviceprozessmodul kapselt einen Serviceprozess oder einen Teilprozess eines Serviceprozesses. Das *einfache Service-Netz* (eSN) wird formal wie folgt definiert:

Definition 6.1: *einfaches Service-Netz* (eSN)

Ein *einfaches Service-Netz* (eSN) ist ein 16-Tupel $eSN = (PS, PO, S, SPO, SPS, SSO, SSI, SSD, T, TPA, TPS, TSP, TSM, F, I_{PS}, I_{PO})$, für das gilt:

- (i) (S, T, F) ist ein Petri-Netz.
- (ii) $N_s' = (S_s', T_s', F_s')$ ist ein stellenberandetes Teilnetz von eSN und $N_t' = (S_t', T_t', F_t')$ ein transitionsberandetes Teilnetz von eSN .
- (iii) PS ist die Menge der Serviceobjekttypen.
- (iv) PO ist die Menge der Prozessobjekttypen.
- (v) Die Menge der Stellen wird unterteilt in Prozessobjektstellen SPO und in die Menge der Serviceobjekt-spezifischen Stellen SPS , die Menge SPS in die Menge der Serviceobjektstellen SSO (Symbol \bigcirc), die Menge der statischen Serviceschnittstellen (Symbol \odot) und dynamischen Serviceschnittstellen (Symbol \odot) SSI sowie die Menge der Servicedokumentstellen SSD (Symbol $\textcircled{\text{D}}$). Eine dynamische Serviceschnittstelle ist eine vergrößerte Darstellung von N_s' gemäß der Definition stellenberandeter Teilnetze (Abschnitt 3.2.1.3). Es gilt: $SPO \subseteq S$, $SPS \subseteq S$, $S = SPO \cup SPS$ und $SPO \cap SPS = \emptyset$.
- (vi) Die Menge der Transitionen wird differenziert in die Menge TPA (Prozessaktivitäten, die Prozessobjekte verarbeiten) und die Menge TPS (Serviceprozessaktivitäten, die Serviceobjekte verarbeiten). Die Menge TPS unterscheiden die Menge TSP der Serviceprozessphasen, die Serviceprozessmodule kapseln (Symbol $\boxed{\text{P}}$), und die Menge TSM der Serviceprozessmodule, die Serviceprozesse kapseln (Symbol $\boxed{\text{M}}$). Eine Serviceprozessphase und ein Serviceprozessmodul sind eine vergrößerte Darstellung von N_t' gemäß der Definition transitionsberandeter Teilnetze (Abschnitt 3.2.1.2). Es gilt: $TPS \subseteq T$, $TPA \subseteq T$, $T = TPS \cup TPA$ und $TPS \cap TPA = \emptyset$.

- (vii) Die Funktion $I_{PS} : SPS \rightarrow PS$ ordnet jeder Stelle $s_{ps} \in SPS \subseteq S$, die kein Prozessobjekt enthält, einen Serviceobjekttypen aus der Menge der relevanten Serviceobjekte zu.
- (viii) Die Funktion $I_{PO} : SPO \rightarrow PO$ weist jeder Stelle $s_{po} \in SPO \subseteq S$, die kein Serviceobjekt enthält, einen Prozessobjekttyp aus der Menge der relevanten Prozessobjekte zu.

Einfache Service-Netze, die auf S/T-Netzen basieren, weisen Kapazitätsangaben K für die Menge an Prozessobjektstellen SPO und die Menge an Serviceobjekt-spezifischen Stellen SPS aus. Kanten zwischen der Menge der Stellen SPO und SPS und der Menge der Transitionen der Prozessaktivitäten TPA und Serviceprozessaktivitäten TPS enthalten Kantengewichte W . Die Schaltregel (siehe Definition 6.2) definiert die Schaltvorgänge in einfachen Service-Netzen. Für die formale Prüfung der Aktivierung von Transitionen in einfachen Service-Netzen wird die Menge der Serviceprozess-aktivitäten TPS durch ausmodellerte Service-Netze ersetzt: Die gekapselten Teilprozesse der Menge der Serviceprozessphasen TSP und der Menge der Serviceprozessmodule TSM als vergrößerte Darstellung werden ebenfalls ausmodellert. Eine Transition aus der Menge TPA und der Menge TPS schaltet dann, sobald die Anzahl der Stellen der Menge SPO und der Menge SPS des Vorbereichs dem jeweiligen Eingangskantengewicht entspricht. Damit ergibt sich in Anlehnung an S/T-Netzen die folgende *Schaltregel*:

Definition 6.2: *Schaltregel für ein einfaches Service-Netz (eSN)*

Gegeben ist ein einfaches Service-Netze mit $eSN = (S, T, F, PS, PO, I_{PO}, I_{PS})$. Die Abbildung $M: S \rightarrow \mathbb{N}$ mit $\forall s \in S: M(s) \leq K(s)$ heißt *Markierung* von eSN .

- (i) Eine Transition $t \in T$ in einem eSN heißt *aktiviert*, wenn Folgendes gilt:

$$\forall s \in \bullet t : M(s) \geq W(s, t),$$

$$\forall s \in t \bullet : M(s) \leq K(s) - W(t, s).$$

- (ii) Wenn t schaltet, so ergibt sich eine Folgemarkierung M' mit

$$M'(s) = \begin{cases} M(s) - W(s, t) & , \text{ falls } s \in \bullet t / t \bullet \\ M(s) + W(t, s) & , \text{ falls } s \in t \bullet / \bullet t \\ M(s) - W(s, t) + W(t, s) & , \text{ falls } s \in \bullet t \cap t \bullet \\ M(s) & \text{sonst} \end{cases}$$

Serviceprozessmodelle, die im ersten Modellierungsdurchgang um Serviceobjekt-spezifische Stellen und Transitionen zur Modularisierung erweitert sind, stellen die erste Phase der statischen, deskriptiven Modellierung mit umgangssprachlichen Beschriftungen von Serviceprozessen dar. Aktivitäten und Stellen werden annotiert und in den folgenden Modellierungsschritten detaillierter spezifiziert.

6.5.2 Höhere Service-Netze (*hSN*)

Die Modellierung von Serviceprozessen und die eingeführten Modellierungserweiterungen auf der Basis von einfachen Petri-Netzen wurden aufgezeigt. Die bisher vorgestellten Konzepte zur Modellierung von Serviceprozessen sind auf der Basis einfacher Petri-Netze entwickelt und ermöglichen eine initiale Modellierung. Die Verwendung klassischer Petri-Netz-Konzepte ist jedoch mit Nachteilen verbunden. Die semiformale Modellierung erlaubt keine Überprüfung der semantischen Korrektheit der entwickelten Prozessmodelle. Einfache Petri-Netze unterstützen weder wichtige domänenspezifische Modellierungskonstrukte von Serviceprozessen noch Kommunikations- und Informationskonzepte für Geschäftsprozesse. Ebenfalls lassen sich keine Zeit- und Kostenkonzepte beschreiben. Eine strukturierte Hierarchisierung verschiedener Modellierungsebenen (abstrakt bis detailliert) wird durch einfache Petri-Netze nicht abgebildet. Ein spezifisches Merkmal von Serviceprozessen ist die unternehmensinterne (innerbetriebliche) und unternehmensübergreifende (überbetriebliche) Ablaufmodellierung. *eSN* unterstützen keine unterscheidbaren Marken. So lassen sich Serviceobjekte mit einfachen Petri-Netzen nicht individualisiert bzw. typisiert darstellen. Für eine integrierte Modellierung, Analyse, Ausführung und Überwachung ist eine Transformation der vorgestellten Konzepte in höhere Petri-Netze mit individuellen Marken erforderlich [DO96]. Die präzise formale Modellierung von Geschäftsprozessmodellen mit den involvierten Prozessobjekten ermöglicht die Überprüfung von Geschäftsprozessmodellen inklusive der integrierten modellierten Serviceprozessmodelle nach deren Konsistenz im Zusammenspiel und deren validen Abbildung. Die Modellierung mit höheren Petri-Netz-Varianten und Modellierungserweiterungen ermöglicht eine formale integrierte Beschreibung von elektronischen Geschäftsprozessen und eine adäquate Korrektheitsanalyse und Simulation. **H**öhere **S**ervice-**N**etze (*hSN*) zeichnen sich durch eine domänenspezifische Individualisierung der Marken aus. Da einfache Petri-Netze keine unterscheidbaren Marken unterstützen, ist es erforderlich, die eingeführten Erweiterungen durch höhere Petri-Netze mit individuellen Marken zu modellieren (vgl. Abschnitt 3.2.1.3). Die Modellierung von *hSN* liefert Anhaltspunkte über die Gestaltung von Organisationsstrukturen in Unternehmen oder in deren Warenwirtschaftssystem bzw. ERP-Systemen und deren Benutzerorganisationsstruktur. Redundante Tätigkeiten innerhalb eines Unternehmens oder bei verschiedenen kollaborierenden Unternehmen werden dadurch aufgezeigt. Fehlerhafte Tätigkeiten zu falschen Zeitpunkten oder die Ausführung von Prozessschritten bei nichtverantwortlichen Unternehmen führen zu Inkonsistenzen, die durch die Modellierungsvorgehensweise ersichtlich werden. *hSN* zeigen die Manipulation und den Fluss von Serviceobjekten in innerbetrieblichen und überbetrieblichen Strukturen auf, um Transparenz in der gesamten Dienstleistungsbeschaffung zu gewähren. Die Modellierung, Analyse, Ausführung und Überwachung von Datenflüssen bildet den integralen Bestandteil im Rahmen der Ausführung von elektronischen Serviceprozessen. Eine erweiterte integrierte Modellierungsmethode für eine detailliert fundierte Analyse und Simulation von Serviceprozessen werden mit Hilfe der Konzepte höherer Petri-Netze bzw. XML-Netze ermöglicht. Durch XML-Netze lassen sich elektronische Geschäftsprozesse zur Ausführung von Workflows modellieren. Die Prozessverbesserung wie Kosten- und Zeiteinsparung ist ein wesentliches Ziel der Ablaufmodellierung und wird durch Analyse und Simulation von Geschäftsprozessen erreicht. Die bereits vorgestellten Konzepte von *eSN* sind in höhere

Service-Netze auf der Basis von XML-Netzen mit individuellen Marken transformiert. Die Individualisierung der Marken und die dadurch mögliche formale Beschreibung, Definition und Unterscheidung von Prozessobjekten bietet die Basis für die spezifische Analyse und Simulation der Geschäftsprozesse und die Möglichkeiten der Spezifikation einer softwaregestützten Umsetzung. Dafür werden die statischen und dynamischen Aspekte von Petri-Netzen mit Hilfe von neu definierten Elementen erweitert und formal beschrieben. Ein präziser formaler Entwurf von Serviceprozessmodellen macht eine zielgerichtete Gestaltung betrieblicher Informationssysteme möglich. Spezifische Stellen für Service-Netze (*Serviceobjekt-spezifische Stellen*) werden definiert, sodass Stellen mit domänenspezifischem Kontext von anderen Stellen zu unterscheiden sind. Transitionsspezifische Modularisierungsansätze (*Serviceprozessphasen* und *Serviceprozessmodule*) werden auf Basis von höheren Petri-Netzen bestimmt und ihre semantische und syntaktische Kompatibilität¹⁴⁵ gewährleistet.

6.5.2.1 Modellierung von Serviceobjektstellen, Serviceschnittstellen und Servicedokumentstellen mit XML-Netzen

In Serviceprozessen wird der Datenfluss durch Serviceobjekte als Input bzw. Output von Transitionen dargestellt. Serviceobjekte repräsentieren Daten einfacher und komplexer Natur und bestehen aus aggregierten Daten verschiedener Quellen. Für die Modellierung von Daten in Service Chains der industriellen Dienstleistungsbeschaffung eignen sich XML-basierte Prozessobjekte, so genannte Serviceobjekte. Sie stellen den Daten- und Dokumentenaustausch in Serviceprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung dar. Serviceobjekte beschreiben sowohl einfache Daten, die in elektronischen Geschäftsprozessen verarbeitet werden, also auch komplexe Daten wie komplexe Datenobjekte oder Dokumenttypen. Für die Modellierung, Analyse, Ausführung und Überwachung von Daten sind Stellen nach dem domänenspezifischen Kontext typisiert. Diese Stellen ermöglichen die integrierte Modellierung von Geschäftsprozessen und Serviceobjekten im Kontext der Dienstleistungsbeschaffung. Serviceobjekt-spezifische Stellen werden als Objektcontainer für Daten interpretiert und für höhere Service-Netze wie folgt definiert:

Definition 6.3: *Typisierung von Serviceobjekt-spezifischen Stellen*

Die Menge der Serviceobjekt-spezifischen Stellen *SPS* eines einfachen Service-Netztes (*eSN*) wird untergliedert in *Serviceobjektstellen* (*SO-Stelle*), *Serviceschnittstellen* (*SI-Stelle*) und *Servicedokumentstellen* (*SD-Stelle*). *SSO* ist die Menge der *SO*-Stellen, *SSI* die Menge der *SI*-Stellen und *SSD* die Menge der *SD*-Stellen.

¹⁴⁵ Als Voraussetzung für die Komposition von transitionsspezifischen Modularisierungsansätzen wird auch die *semantische Kompatibilität* gefordert: Zwei Serviceprozessphasen bzw. zwei Serviceprozessmodule sind semantisch kompatibel, wenn das komponierte System bedienbar ist d. h. eine *semantische Interoperabilität* gegeben ist [Ma04]. Die semantische Interoperabilität stellt sicher, dass die ausgetauschten Informationen vom empfangenden System für deren Nutzung richtig interpretiert werden und damit ein einheitliches, gemeinsames Verständnis vorliegt. Die semantische Kompatibilität wird durch die Verwendung von einheitlichen XML-Datenschemata für die Typisierung der Serviceobjekt-spezifischen Stellen mit einer vordefinierten Syntax für die Beschreibung von Informationen unterstützt. Semantische Inkompatibilitäten durch unterschiedliche Begrifflichkeiten wie Homonyme oder Synonyme sind ausgeschlossen.

- (i) XN ist ein XML-Netz mit $XN = (S, T, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ und $XN' = (S', T', F)$ ein stellenberandetes Teilnetz von XN mit $T' \subseteq T$ und $S' \subseteq S$.
- (ii) Eine Stelle $s_{s_o} \in SSO$ enthält Serviceobjekte nur eines Typs, durch die s_{s_o} typisiert wird.
- (iii) Eine Stelle $s_{s_i_s} \in SSI$ enthält Serviceobjekte nur eines Typs, durch die $s_{s_i_s}$ typisiert wird.
- (iv) Eine Stelle $s_{s_i_s} \in SSI$ repräsentiert eine vergrößerte Darstellung von $XN' = (S', T', F)$ nach der Definition der Vergrößerung stellenberandeter Teilnetze (Abschnitt 3.2.1.2). Die Menge der Stellen $S_{S_i_s} \in SSI$ wird partitioniert in Serviceobjekt-spezifische Stellen SPS und Prozessobjektstellen SPO .
- (v) Eine Stelle $s_{s_d_j} \in SSD$ enthält Servicedokumente eines Servicedokumententyps j . Einer Stelle $s_{s_d_j} \in SSD$ wird nur ein Servicedokumenttyp j zugeordnet, durch den $s_{s_d_j}$ typisiert wird.
- (vi) Die Menge der Serviceobjekt-spezifischen Stellen SSO , SSI und SSD werden durch die eingeführten Symbole (siehe Abschnitt 6.5.1.1) grafisch repräsentiert.

6.5.2.2 Modellierung von Serviceprozessphasen mit XML-Netzen

Für die Modellierung von Serviceprozessen mit einfachen Petri-Netzen werden Stereotypen für spezifische Serviceprozessphasen definiert, die als Platzhalter für noch nicht ausmodellerte (Teil-)Prozesse in Geschäftsprozessmodellen der Dienstleistungsbeschaffung dienen. Spezifische Input- und Outputstellen dieser Serviceprozessphasen lassen sich durch höhere Petri-Netz-Varianten typisieren. Transitionen repräsentieren vergrößerte Strukturen von gekapselten Serviceprozessen, die typisierte Stellen beinhalten. Serviceprozessphasen werden je nach Kontext mit spezifischen, typisierten Input- und Outputstellen bestimmt und in Anlehnung an Prozessmuster (*Process Pattern*)¹⁴⁶ auf der Basis von höheren Petri-Netzen definiert. Die Muster der definierten Serviceprozessphasen der Dienstleistungsbeschaffung sind in der Tabelle 8 jeweils mit der definierten Menge an Input- und Outputstellen dargestellt.

¹⁴⁶ Prozessmuster zur Unterstützung der Entwicklung betrieblicher Informationssysteme sind bspw. *Control-Flow Patterns* [RHA+06], *Workflow Data Patterns* [RHE+04a], *Workflow Resource Patterns* [RHE+04b] und *Exception Handling Patterns* [RAH06].

Tabelle 8: Serviceprozessphasen mit Input- und Outputstellen

Bezeichnung	Prozessmuster Serviceprozessphase	Inputstellen S_{SO}^{IN}	Outputstellen S_{SO}^{OUT}
Vereinbarung (VB)		Dienstleistungsbedarf	Leistungsverzeichnis Rahmenvertrag
Anfrage (AF)		Rahmenvertrag Dienstleistungsbedarf Leistungsverzeichnis	Anfrage
Angebot (AG)		Leistungsverzeichnis Anfrage definierte Abweichung	Verhandlungsprotokoll Angebot Nachtragsangebot
Auftrag (AT)		Anfrage Angebot Nachtragsangebot Leistungsverzeichnis	Auftrag Teilauftrag Auftragsbestätigung
Ausführung (AS)		Auftragsbestätigung Auftrag Teilauftrag Dienstleistungsbedarf	Bestätigung ausgeführter Dienstleistungen Nachbesserungsbedarf
Aufmaß (AM)		Auftrag Teilauftrag Bestätigung ausgeführter Dienstleistungen	definierte Abweichung Aufmaß

Bezeichnung	Prozessmuster Serviceprozessphase	Inputstellen S_{S0}^{IN}	Outputstellen S_{S0}^{OUT}
Abnahme (AB)		Aufmaß Leistungsverzeichnis	Abnahmeprotokoll Nachbesserungsbedarf
Abrechnung (AR)		Auftrag Teilauftrag Abnahmeprotokoll Aufmaß Rahmenvertrag Leistungsverzeichnis	Rechnung Gutschrift Zahlungsbestätigung

Jeder Serviceprozessphase $t_{sp_j}^i \in TSP$ werden eine spezifische Menge an Inputstellen $s_{sp}^{IN} \in S_{SP}^{IN} \subseteq S$ im Vorbereich und eine spezifische Menge an Outputstellen $s_{sp}^{OUT} \in S_{SP}^{OUT} \subseteq S$ im Nachbereich zugewiesen. Die Menge der Inputstellen und die Menge der Outputstellen bestehen aus einer definierten Menge an Servicedokumentstellen $s_{sd_j}^i \in SSD$, einer Menge an Serviceobjektstellen SSO und einer Menge an Serviceschnittstellen SSI . Bei den definierten Input- und Outputstellen handelt es sich nicht um obligatorische Stellen, sondern um jeweils eine verfügbare, optionale Menge an Stellen, die in Serviceprozessphasen modelliert wird. Serviceprozessphasen werden als vergrößerte Transitionen auf der Modellierungsebene E_0 des Schichtenmodells modelliert, bilden Prozessmuster ab und definieren Schnittstellen. Eine Serviceprozessphase $t_{sp_j}^i \in TSP \subseteq T$ verfügt über eine innere Struktur und besteht aus einem gekapselten Serviceprozess. Werden zwei Serviceprozessphasen $t_{sp_a}^i$ und $t_{sp_b}^i$ komponiert, so werden Input- und Outputstellen „verschmolzen“: Die Outputstellen S_{SP}^{OUT} im Nachbereich einer Serviceprozessphase $t_{sp_a}^i \in TSP$ sind Inputstellen S_{SP}^{IN} im Vorbereich einer Serviceprozessphase $t_{sp_b}^i \in TSP$.

Das Serviceprozessmodell des Serviceprozesses *Nachbesserung einer präventiven Instandhaltungsmaßnahme* ist als höheres Service-Netz modelliert (Abbildung 93) und beschreibt einen Ausschnitt der Beschaffung einer präventiven Instandhaltungsmaßnahme. Aufgrund von Mängeln ist eine Nachbesserung einer erbrachten Leistung erforderlich. Die präventive Instandhaltungsmaßnahme wird aus einem Rahmenvertrag abgerufen. Konditionen, Lieferbedingungen und Preise sind fest definiert. In der Ausführungsphase $t_{sp_{AS}}$ wird ein Nachbesserungsbedarf (s_{so_1}) durchgeführt und die ausgeführten Leistungen bestätigt (s_{so_2}). Nach der Bestätigung (s_{sd_j}) werden die Leistungen bemessen (Aufmaßphase $t_{sp_{AM}}$) und ein Aufmaß ($s_{sd_{AM}}$) wird erstellt. Die Leistungen nimmt der Dienstleistungsnachfrager ab ($t_{sp_{AB}}$) und protokolliert sie ($s_{sd_{AP}}$). In der Abrechnungsphase ($t_{sp_{AR}}$) gleicht eine Gutschrift ($s_{sd_{GS}}$) die Leistungen aus. Die Höhe der Gutschrift basiert auf ei-

nem im Rahmenvertrag ($s_{sd_{RV}}$) festgelegten Preis. Die Informationen über die zugrunde liegende Dienstleistung ist in einem Leistungsverzeichnis ($s_{sd_{LV}}$) beschrieben.

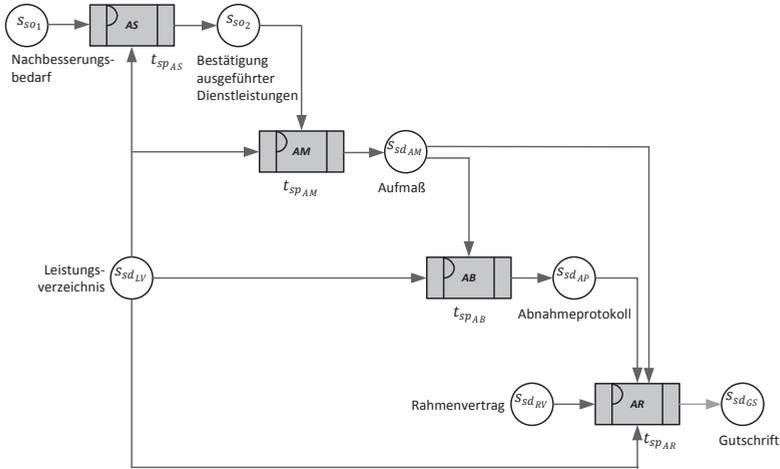


Abbildung 93: Serviceprozess *Nachbesserung einer präventiven Instandhaltungsmaßnahme*

Formal wird eine *Serviceprozessphase* in XML-Netzen wie folgt definiert:

Definition 6.4: *Serviceprozessphase*

XN ist ein XML-Netz mit $XN = (S, T, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ und $XN' = (S', T', F)$ ist ein transitionsberandetes Teilnetz von XN mit $T' \subseteq T$ und $S' \subseteq S$. Es gilt:

- (i) Die Menge der Transitionen T von XN wird um die Menge der *Serviceprozessphasen* $t_{sp_j}^i \in TSP \subseteq T$ erweitert.
- (ii) Eine *Serviceprozessphase* $t_{sp_j}^i \in TSP$ ist eine vergrößerte Darstellung von $XN' = (S', T', F')$ gemäß der Definition der Vergrößerung transitionsberandeter Teilnetze (Abschnitt 3.2.1.2).
- (iii) Einer *Serviceprozessphase* $t_{sp_j}^i \in TSP$ wird ein Servicephasentyp j zugeordnet.
- (iv) Die Stellen des Vor- und Nachbereichs einer *Serviceprozessphase* $t_{sp_j}^i$ sind Stellen des Typs SPS . Die Stellen des Vorbereichs werden als Inputstellen $s_{sp_j}^{IN_1}, s_{sp_j}^{IN_2}, \dots, s_{sp_j}^{IN_n} \in S_{SP}^{IN}$, die Stellen des Nachbereichs als Outputstellen $s_{sp_j}^{OUT_1}, s_{sp_j}^{OUT_2}, \dots, s_{sp_j}^{OUT_n} \in S_{SP}^{OUT}$ bezeichnet.
- (v) *Serviceprozessphasen* sind grafisch mit den eingeführten Symbolen (siehe Abschnitt 6.5.1.2) dargestellt.
- (vi) Ein XML-Netz mit *Serviceprozessphasen* wird beschrieben durch das 11-Tupel $XN = (S, S_{SP}^{IN}, S_{SP}^{OUT}, T, TSP, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, M_0)$.

Die Menge der Serviceprozessphasen j in der Dienstleistungsbeschaffung besteht aus der Menge *Vereinbarung VB*, *Anfrage AF*, *Angebot AG*, *Auftrag AT*, *Ausführung AS*, *Aufmaß AM*, *Abnahme AB* und *Abrechnung AR*. Die Reihenfolge der Modellierung von Serviceprozessphasen wird durch den Datenfluss bestimmt. Für eine flexible und modulare Gestaltung eines Serviceprozessmodells in Abhängigkeit eines spezifischen Anwendungsfalls (*Dienstleistungsbeschaffungstyp*) sind Serviceprozessphasen komponierbar. Für die Komposition von Serviceprozessphasen werden notwendige Voraussetzungen formuliert: die *syntaktische Kompatibilität*. Sie fordert, dass jede gemeinsame Schnittstelle von Serviceprozessphasen eine Outputstelle $s_{sm}^{OUT} \in S_{SM}^{OUT}$ einer Serviceprozessphase $t_{sp_a}^i$ und eine Inputstelle $s_{sm}^{IN} \in S_{SM}^{IN}$ einer Serviceprozessphase $t_{sp_b}^i$ ist. Die *syntaktische Kompatibilität* wird wie folgt definiert:

Definition 6.5: *syntaktische Kompatibilität von Serviceprozessphasen*

Eine Serviceprozessphase $t_{sp_a}^i$ mit einem gekapselten XML-Netz $XN_1 = (S_1, T_1, F_1, \Psi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ und eine Serviceprozessphase $t_{sp_b}^i$ mit einem gekapselten XML-Netz $XN_2 = (S_2, T_2, F_2, \Psi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ sind *syntaktisch kompatibel*, wenn folgende Bedingungen gelten:

- (i) Die gekapselten XML-Netze der Serviceprozessphasen sind disjunkt, d. h.: $T_1 \cap T_2 = S_1 \cap S_2 = \emptyset$.
- (ii) Die gemeinsamen Schnittstellen sind in einer Serviceprozessphase Inputstellen und in einer anderen Outputstellen. Die Menge der gemeinsamen Schnittstellen des Vorbereichs einer Serviceprozessphase $t_{sp_b}^i$ und des Nachbereichs einer Serviceprozessphase $t_{sp_a}^i$ ist eine nicht-leere Menge:

$$\bullet t_{sp_b}^i \subseteq t_{sp_a}^i \bullet \wedge \bullet t_{sp_b}^i \neq \emptyset.$$

Syntaktisch kompatible Serviceprozessphasen müssen keine vollständig überdeckenden Schnittstellen besitzen. Bei der Komposition von Serviceprozessphasen werden die Schnittstellen zweier Serviceprozessphasen „*verschmolzen*“: Die gemeinsame nicht-leere Teilmenge der Schnittstellen wird modelliert. Eine *notwendige* Bedingung für die syntaktische Kompatibilität ist die teilweise Überdeckung der Schnittstellen. Für Serviceprozessphasen ist die teilweise Überdeckung auch eine *hinreichende* Bedingung.

6.5.2.3 Modellierung von Serviceprozessmodulen mit XML-Netzen

Um für Fachanwender die Modellierung von Teilprozessen eines kollaborativen Serviceprozesses innerhalb einer Serviceprozessphase zu vereinfachen, wird ein modulares Konzept der *Serviceprozessmodule* für die Modellierung von Serviceprozessen entwickelt. Ein Serviceprozessmodul unterstützt die Modellierung von Serviceprozessen, die nur einem Prozessteilnehmer (ein Unternehmen) innerhalb einer Serviceprozessphase zugeordnet werden. Ein Serviceprozessmodul wird durch eine vergrößerte Transition repräsentiert und kapselt spezifische Serviceprozessmodelle und deren Modellierungsdetails. Dadurch lassen sich Details von Serviceprozessen im Geschäftsprozessschema ein- und ausblenden. Die Übersichtlichkeit des Serviceprozessmodells ist für den Betrachter gegeben. Service-

Netze sind als Vergrößerungen für eine schrittweise Verfeinerung innerhalb von Serviceprozessmodulen enthalten. Das Teilnetz wird durch eine Transition substituiert, was die Bildung von Subprozessen ermöglicht. Die Kapselung bietet darüber hinaus den Vorteil, dass Serviceprozessmodelle als Modellierungsbausteine sich in einem Repository ablegen lassen und wieder verwendbar sind. Bei Anwendung der Modellierungsbausteine werden zugehörige Serviceprozessmodelle automatisch generiert. Durch diese modulare Modellierungsweise ist der Modellierer nicht mehr darauf angewiesen, die jeweiligen Serviceprozessmodelle neu zu modellieren, sondern greift auf vorhandene Bausteine zurück. Serviceprozessmodule werden auf der Modellierungsebene E_1 des Schichtenmodells modelliert. Ein Serviceprozessmodul besitzt eine interne Struktur, kommuniziert mit anderen Serviceprozessmodulen über Prozessschnittstellen, die Input- und Output-Schnittstellen repräsentieren, und bildet unidirektionale und bidirektionale Interaktions- bzw. Kommunikationsmuster ab. Dabei werden zum einen die Anzahl der ausgetauschten Serviceobjekte und zum anderen konkrete Ausprägungen von Servicedokumenttypen durch die Typisierung von Schnittstellen definiert. Die Varianten der Interaktion, die Interaktionsarten wie einseitige (Senden oder Empfangen) oder wechselseitige (Senden und Empfangen) Interaktionen, sind durch eingehende und ausgehende Input- und Outputstellen modelliert, die Prozessschnittstellen für Datenobjekte oder Prozessschnittstellen spezifischer Servicedokumenttypen repräsentieren. Die innere Struktur eines Serviceprozessmoduls besteht aus einem erweiterten XML-Netz, das die Anforderungen an ein Workflow-Netz [Aa98a, Aa98b] erfüllt. Die interne Struktur eines Serviceprozessmoduls wird als *interner Prozess* des Serviceprozessmoduls bezeichnet. Stellen werden unterteilt in *interne Stellen* sm_1, \dots, sm_n , *Inputstellen* $s_{sm}^{IN} \in S_{SM}^{IN}$ und *Outputstellen* $s_{sm}^{OUT} \in S_{SM}^{OUT}$. Alle Transitionen tm_1, \dots, tm_n sind *interne Transitionen*. Keine Transition ist mit einer Inputstelle und einer Outputstelle verbunden. Der interne Prozess eines Serviceprozessmoduls besitzt eine Eingangs- und eine Ausgangsstelle. Eingangs- und Ausgangsstellen werden durch die Menge der Inputstellen S_{SP}^{IN} und die Menge der Outputstellen S_{SP}^{OUT} einer Serviceprozessphase sowie durch die Menge der Inputstellen S_{SM}^{IN} und die Menge der internen Outputstellen S_{SM}^{OUT} eines Serviceprozessmoduls gebildet. Das Tupel $(S_{SM}^{IN}, S_{SM}^{OUT})$ wird als *Modulschnittstelle* eines Serviceprozessmoduls bezeichnet. Um für ein komponiertes System keine Deadlocks zu erzeugen, ist zusätzlich das *Soundness-Kriterium* als eine notwendige Voraussetzung gefordert.

Ein Ausschnitt des Serviceprozessmodells eines kollaborativen Serviceprozesses der Serviceprozessphase *Angebot* ($t_{sp_{AG}}$) ist als höheres Service-Netz modelliert (Abbildung 94). Der Serviceprozess besteht aus den Serviceprozessen hSN'_{sm_1} des Serviceprozessmoduls $t_{sm_{AG}}^1$ und hSN'_{sm_2} des Serviceprozessmoduls $t_{sm_{AG}}^2$. Der Serviceprozess hSN'_{sm_1} des Dienstleistungsanbieters ist als ein vereinfachtes XML-Netz ausmodelliert¹⁴⁷. Der Serviceprozess des Dienstleistungsnachfragers wird durch das Serviceprozessmodul $t_{sm_{AG}}^2$ als vergrößerte Transition repräsentiert. Die Stelle $s_{sp_1}^{IN_1}$ und die Stelle $s_{sp_1}^{OUT_1}$ bilden die Eingangs- und Ausgangsstelle, die Inputstelle $s_{sm_1}^{IN_1}$ ($s_{sp_1}^{IN_1}$) und die Outputstelle $s_{sm_1}^{OUT_1}$ sowie die

¹⁴⁷ Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf die Darstellung von ausmodellierten Filterschemata FS_i , Transitionsinschriften TI_i und Stellentypisierungen ST_i verzichtet.

Inputstelle $s_{sm_2}^{IN_1}$ und die Outputstelle $s_{sm_1}^{OUT_1}$ ($s_{sp_2}^{OUT_1}$) jeweils die Modulschnittstellen der Serviceprozessmodule $t_{sm_{AG}}^1$ und $t_{sm_{AG}}^2$.

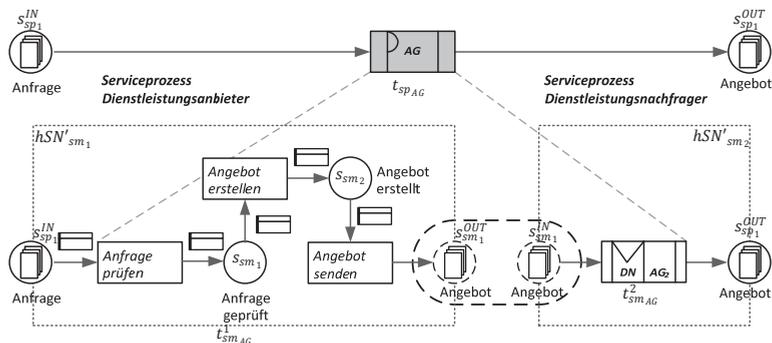


Abbildung 94: Modularisierung einer Serviceprozessphase durch Serviceprozessmodule

Werden zwei Serviceprozessmodule komponiert, so sind die Modulschnittstellen zu verschmelzen. Die Serviceprozesse hSN'_{sm_1} und hSN'_{sm_2} der Serviceprozessmodule $t_{sm_{AG}}^1$ und $t_{sm_{AG}}^2$ sind ausmodelliert (Abbildung 95). Die Inputstelle $s_{sm_2}^{IN_1}$ und die Outputstelle $s_{sm_1}^{OUT_1}$ verschmelzen zu einer internen Stelle s_{sm_3} .

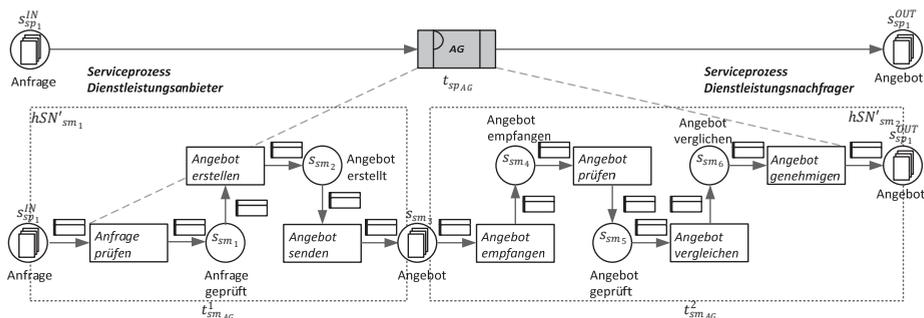


Abbildung 95: Verschmelzung der Modulschnittstellen von Serviceprozessmodulen

Ein *Serviceprozessmodul* wird auf folgende Weise formal definiert:

Definition 6.6: *Serviceprozessmodul*

$XN = (S, T, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ ist ein XML-Netz und $XN' = (S', T', F')$ ist ein transitionsberandetes Teilnetz von XN mit $T' \subseteq T$ und $S' \subseteq S$ sowie $XN'' = (S'', T'', F'')$ mit $T'' \subseteq T'$ und $S'' \subseteq S'$ ein transitionsberandetes Teilnetz von XN' . Es gilt:

- (i) Die Menge der Transitionen T von XN wird um die Menge der *Serviceprozessmodule* $t_{sm_j}^i \in TSM \subseteq T$ erweitert.
- (ii) Ein *Serviceprozessmodul* $t_{sm_j}^i$ ist eine vergrößerte Darstellung von $XN'' = (S'', T'', F'')$ nach der Definition der Vergrößerung transitionsbe-

randeter Teilnetze (Kapitel 3). Einem Serviceprozessmodul $t_{sm_j}^i \in TSM$ wird eine Serviceprozessphase j zugeordnet. Ein Serviceprozessmodul $t_{sm_j}^i$ ist Bestandteil des durch die Serviceprozessphase gekapselten Teilnetzes $XN' = (S', T', F')$.

- (iii) Die Stellen des Vor- und Nachbereichs eines Serviceprozessmoduls sind Stellen des Typs SPS . Der Vorbereich wird als S_{SM}^{IN} (Inputstelle), der Nachbereich als S_{SM}^{OUT} (Outputstelle) bezeichnet. Es gilt: $|S_{SM}^{IN}| = |S_{SM}^{OUT}| = 1$. Das Tupel $(S_{SM}^{IN}, S_{SM}^{OUT})$ wird als *Modulschnittstelle* angegeben.
- (iv) Die Stellen des gekapselten XML-Netzes XN'' werden als interne Stellen sm_1, \dots, sm_n benannt, die Transitionen des gekapselten XML-Netzes XN'' als interne Transitionen tm_1, \dots, tm_n .
- (v) Das gekapselte XML-Netz $XN'' = (S'', T'', F'')$ eines Serviceprozessmoduls und seine Modulschnittstelle bilden ein Netz, das *sound* ist.
- (vi) Serviceprozessmodule werden grafisch dargestellt (siehe Abschnitt 6.5.1.2) unter der Angabe der Rolle R_M eines Kollaborationsteilnehmers und der zugehörigen Serviceprozessphase.
- (vii) Ein XML-Netz mit Serviceprozessmodulen wird beschrieben durch das 11-Tupel $XN = (S, S_{SM}^{IN}, S_{SM}^{OUT}, T, TSM, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, M_0)$.

Für die Komposition von Serviceprozessmodulen werden Voraussetzungen formuliert. Eine Voraussetzung für die Komposition von Serviceprozessmodulen ist die *syntaktische Kompatibilität*. Sie fordert, dass jede gemeinsame Modulschnittstelle eine Inputstelle $s_{sm_1}^{IN_i} \in S_{SM}^{IN}$ eines Serviceprozessmoduls $t_{sm_j}^1$ und eine Outputstelle $s_{sm_2}^{OUT_i} \in S_{SM}^{OUT}$ eines Serviceprozessmoduls $t_{sm_j}^2$ ist. Für jede Outputstelle existiert eine korrespondierende Inputstelle. Die *syntaktische Kompatibilität* wird wie folgt definiert:

Definition 6.7: *syntaktische Kompatibilität von Serviceprozessmodulen*

Ein Serviceprozessmodul $t_{sm_j}^1$ mit einem gekapselten XML-Netz $XN_1 = (S_1, T_1, F_1, \Psi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ und ein Serviceprozessmodul $t_{sm_j}^2$ mit einem gekapselten XML-Netz $XN_2 = (S_2, T_2, F_2, \Psi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ sind *syntaktisch kompatibel*, wenn folgende Bedingungen gelten:

- (i) Die gekapselten XML-Netze XN_1 und XN_2 der Serviceprozessmodule sind disjunkt: $T_1 \cap T_2 = S_1 \cap S_2 = \emptyset$.
- (ii) Die gemeinsamen Schnittstellen sind in einem Serviceprozessmodul Inputstellen und in einem anderen Outputstellen. Die Outputstelle von $t_{sm_j}^1$ ist die Inputstelle von $t_{sm_j}^2$.

Syntaktisch kompatible Serviceprozessmodule haben vollständig überdeckende Schnittstellen. Bei der Komposition von Serviceprozessmodulen werden die Schnittstellen „verschmolzen“: die gemeinsame nicht-leere Teilmenge der Schnittstellen wird modelliert. Eine *notwendige* Bedingung für die syntaktische Kompatibilität ist die teilweise Überdeckung der Schnittstellen. Für Serviceprozessmodule ist zudem die vollständige Überdeckung der Schnittstellen eine *hinreichende* Bedingung.

6.5.2.4 Formale Definition von höheren Service-Netzen

Die entwickelten Modellierungserweiterungen unterstützen die Modellierung von Serviceprozessen zur Entwicklung von Informationssystemen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung. Der Kontroll- und Datenfluss werden präzise modelliert. Die Modellierung von kollaborativen Serviceprozessen ist vereinfacht. Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodule unterstützen die Hierarchisierung und Modularisierung von Teilprozessen für die sukzessive Erstellung von komplexen Geschäftsprozessmodellen. Auf der Basis der entwickelten und definierten Modellierungserweiterungen werden *höhere Service-Netze (hSN)* eingeführt und formal definiert¹⁴⁸:

Definition 6.8: *höheres Service-Netz (hSN)*

Ein *höheres Service-Netz (hSN)* lässt sich durch ein 20-Tupel $hSN = (S, SPO, SPS, SSO, SSI, SSD, T, TPA, TPS, TSP, TSM, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, I_{SSO}, I_{SSI}, I_{SSD}, M_0)$ darstellen. Für das Tupel gilt:

- (i) $XN = (S, T, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, M_0)$ ist ein XML-Netz.
- (ii) Die Struktur $\Phi = (E, FKT, PRE)$ setzt sich zusammen aus einer Individuenmenge E , einer darauf definierten Funktionenmenge FKT sowie einer definierten Prädikatenmenge PRE , deren einzelne Prädikate invariante Ausprägungen besitzen.
- (iii) Die Menge der Stellen untergliedert sich nach der Definition einfacher Service-Netze in die Teilmengen SPO und SPS . Die Teilmenge SPS wird weiter unterteilt in die Mengen SSO , SSI und SSD (Definition 6.3).
- (iv) Die Menge der Transitionen teilt sich nach der Definition einfacher Service-Netze in die Teilmengen TPA und TPS auf. Die Menge der Serviceobjektaktivitäten TPS beinhaltet Serviceprozessphasen TSP (Definition 6.4 und Definition 6.5) und Serviceprozessmodule TSM (Definition 6.6 und Definition 6.7). Die Menge der Serviceobjektaktivitäten TPS bildet eine echte Teilmenge der Transitionen T : $TPS \subseteq T$.
- (v) $I_{SSO}: SSO \rightarrow SO$ ist die Einschränkung von I_S auf die Menge $SSO \subseteq S$ (Menge der Serviceobjektstellen). I_{SSO} weist jeder Stelle $s_{so} \in SSO$ zur

¹⁴⁸ Die formale Definition eines höheren Service-Netzes auf Basis eines XML-Netzes erfolgt in Anlehnung an [CLO+09].

Repräsentation der Serviceobjekte ein geeignetes XML-Schema als Stellentypisierung zu.

- (vi) $I_{SSI}: SSI \rightarrow SO$ ist die Einschränkung von I_S auf die Menge $SSI \subseteq S$ (Menge der Serviceschnittstellen). I_{SSI} teilt jeder Stelle $s_{si_s} \in SSI$ zur Repräsentation der Serviceobjekte ein geeignetes XML-Schema als Stellentypisierung zu.
- (vii) $I_{SSD}: SSD \rightarrow SO$ ist die Einschränkung von I_S auf die Menge $SSD \subseteq S$ (Menge der Servicedokumentstellen). I_{SSD} weist jeder Stelle $s_{sd_j} \in SSD$ zur Repräsentation des Servicedokumenttyps j ein geeignetes XML-Schema als Stellentypisierung zu.
- (viii) Die Funktion I_T überträgt jeder Transition $t \in T$ eine Transitionsinschrift in Form eines prädikatenlogischen Ausdrucks, der über Φ und der Gesamtheit aller an adjazenten Kanten vorkommenden Variablen gebildet wird.
- (ix) Die Funktion I_F teilt jeder Kante $f \in F$ eine Menge von XSLT-Ausdrücken zu, die bzgl. des adjazenten XML-Schemas akzeptiert sind.

Die Struktur Φ induziert einen Wahrheitswert $\{0,1\}$ für jeden prädikatenlogischen Ausdruck und eine Variablenbelegung v der XSLT-Ausdrücke an den Kanten. Die Schaltregel definiert die Schaltvorgänge in höheren Service-Netzen. Für die formale Prüfung der Aktivierung von Transitionen in höheren Service-Netzen ist die Menge der Serviceprozessaktivitäten TPS durch ausmodellerte Service-Netze zu ersetzen: Die gekapselten Teilprozesse der Menge der Serviceprozessphasen TSP und der Menge der Serviceprozessmodule TSM als vergrößerte Darstellung werden ausmodellert. In höheren Service-Netzen, die mit XML-Netzen modelliert sind, wird die Aktivierung einer Transition durch die Werte der Variablen der Kantenbeschriftungen (XSLT-Ausdruck) aller adjazenten Kanten und den induzierten Wahrheitswert dieser Variablenbelegung für einen prädikatenlogischen Ausdruck der Transition ausgelöst. Eine Transition in einem höheren Service-Netz ist unter einer gegebenen Markierung und Variablenbelegung aktiviert und schaltet dann, wenn

- jede Stelle der Menge SPS und der Menge SPO im Vorbereich einer Transition der Menge TPS und der Menge TPA mindestens ein gültiges XML-Dokument aufweist und es dem XSLT-Ausdruck der eingehenden Kanten zwischen Stelle und Transition entspricht,
- jede Stelle der Menge SPS und der Menge SPO im Nachbereich einer Transition der Menge TPS und der Menge TPA kein XML-Dokument aufweist, das durch die Transition erzeugt und durch Belegung des XSLT-Ausdrucks der entsprechenden Kanten repräsentiert wird,

- die XSLT-Ausdrücke zulässig für das adjazente XML-Schema und die Variablenbelegung valide XSLT-Ausdrücke sind, die für das Schema gültige XML-Dokumente repräsentieren¹⁴⁹,
- die Transition der Menge TPS und der Menge TPA die existierenden XML-Dokumente (aus dem Vorbereitung) nach der Beschreibung der Stellen der Menge SPS und der Menge SPO des Nachbereichs modifiziert und
- der prädikatenlogische Ausdruck der Transitionsinschrift unter der gegebenen Variablenbelegung wahr ist.

Damit gilt die folgende *Schaltregel* gemäß XML-Netzen [CLO+09, Le03a]:

Definition 6.9: *Schaltregel für ein höheres Service-Netz (hSN)*

Gegeben ist ein höheres Service-Netz: $hSN = (S, SPO, SPS, SSO, SSI, SSD, T, TPA, TPS, TSP, TSM, F, \Phi, I_S, I_T, I_F, I_{SSO}, I_{SSI}, I_{SSD}, M_0)$.

Eine Transition $t \in T$ ist unter einer Markierung M für eine eingeschränkte minimale Belegung $B(\pi(XA))$ bzw. eingeschränkte maximale Belegung $B(\Pi(XA))$ der Variablen der XSLT-Ausdrücke (XA) aktiviert, wenn gilt:

$$(i) \quad \forall s \in \bullet t \forall XA \in K(s, t): B(\Pi(XA)) \in M(s) \wedge$$

$$(B(\pi(XA)) \notin M(s) \leftrightarrow \pi(XA) \neq XA \vee$$

$$(s \in \bullet t \cap t \bullet \wedge \exists XA' \in K(t, s): \pi(XA) = \pi(XA'))$$

$$(ii) \quad \forall s \in t \bullet \forall XA \in K(t, s): B(\Pi(XA)) \notin M(s) \wedge$$

$$(B(\pi(XA)) \in M(s) \leftrightarrow s \in t \bullet \bullet t \vee$$

$$(s \in \bullet t \cap t \bullet \wedge \exists XA' \in K(s, t): \pi(XA) = \pi(XA'))$$

$$(iii) \quad \hat{\Psi}_B(I_T(t)) = 1.$$

Eine für M und die Belegung B aktivierte Transition schaltet. Das Schalten überführt die Markierung M in eine Folgemarkierung M' , für die gilt:

$$(iv) \quad \forall s \in S:$$

$$M'(s) = \begin{cases} M(s) \otimes \{B(XA) | XA \in K(s, t)\} & , \text{ falls } s \in \bullet t \text{ und } s \notin t \bullet \\ M(s) \otimes \{B(XA) | XA \in K(t, s)\} & , \text{ falls } s \notin \bullet t \text{ und } s \in t \bullet \\ M(s) \otimes \{B(XA) | XA \in K(s, t)\} \otimes \{B(XA) | XA \in K(t, s)\} & , \text{ falls } s \in \bullet t \text{ und } s \in t \bullet \\ M(s) & \text{sonst} \end{cases}$$

Serviceprozesse auf der Basis von XML-Netzen eignen sich zur formalen Beschreibung von Geschäftsprozessen in Service Chains der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Unternehmensübergreifende Prozesse werden flexibel beschrieben und sukzessiv konkretisiert. Die Beschreibung von Serviceobjekten bildet Datenbankstrukturen durch eine suk-

¹⁴⁹ Somit wird verhindert, dass durch das Schalten einer Transition XML-Dokumente erzeugt oder so verändert werden, dass diese nicht mehr bezüglich des Schemas gültig sind.

zessive Detaillierung der Schemata ab und unterstützt die technische Implementierung. Höhere Service-Netze ermöglichen durch ihre Formalisierung der Serviceprozessschemas formale Validierungen. Strukturierte Objekte werden in die Betrachtung einbezogen. Die Ausführung von höheren Service-Netzen bietet Effektivitäts- und Effizienzpotenziale, die als Prozessbeschleunigung und Kostensenkung ex ante über Analysen und Simulationen identifiziert und gemessen werden (siehe Kapitel 8).

6.5.3 Modellierung von Serviceprozessen mit Web Services

Mit einer standardisierten Web Service-Architektur werden lokale (private) Serviceprozesse zu kollaborativen Serviceprozessen zusammengeführt. Serviceprozesse dienen als dynamische Schnittstellen eines Serviceprozesses und werden durch einen Web Service ausgeführt. Die integrierte Modellierungsmethode zur Modellierung und Analyse verteilter Serviceprozesse auf der Basis von Web Services lässt sich durch *XML-Service-Netze (XSN)* [HB03, LO04] und *Web Service-Netze (WSN)* [CLO+09, KM05, LO04] auf der Grundlage von XML-Netzen entwickeln. Ein Web Service wird als Implementierung eines lokalen Serviceprozesses oder eines Schnittstellenprozesses betrachtet und ist eine offene Komponente mit einer wohldefinierten Schnittstelle zur Außenwelt. Einen verteilten Serviceprozess realisiert die Komposition von mehreren Web Services. Die Funktionalitäten eines Web Services werden als Prozessbeschreibungen durch Subnetze (XML Service-Netze) in XML-Netzen modelliert. Die Modellierung von verteilten Serviceprozessen mit Web Services erfolgt auf der Modellierungsebene E_2 und E_3 nach dem vorgestellten Schichtenmodell.

6.5.3.1 Komposition von Web Services

Die Komposition von Web Service-Netzen steht in Anlehnung an *Workflow Services* [HB03] und XML Service-Netzen [LO04]. Die XML-Netz-Elemente Transitionen, Stellen, Kanten, Marken und Markierungen erfüllen dabei spezifische Funktionalitäten:

- *Transitionen* verketteten und koordinieren Web Services (*Web Service Chaining Transition*), lösen Web Services aus (*Web Service Invocation Transition*) und bestimmen das konkrete Protokoll und Datenformat für die Prozessschritte und Nachrichten zur Laufzeit, die durch einen bestimmten *portType* bzw. *Interface* (Schnittstelle) gegeben sind (*Abstract Web Service Transition*).
- *Kanten* repräsentieren Inputs und Outputs von Web Services.
- *Marken* beschreiben Nachrichten oder Web Service-Beschreibungen auf der Basis von WSDL.
- Eine bestimmte *Markierung* stellt einen lokalen oder einen globalen Kompositionsstatus der Prozesse vor.

Der Datenfluss und die Modellierung von Daten werden durch XML-Dokumente modelliert, deren Struktur durch XML-Schemata typisiert ist. In Web Service-Netzen bilden Nachrichten für den Input und Output von Web Services den Datenfluss. Der Austausch von Nachrichten als XML-Dokumente wird durch standardisierte XML-Schemata wie SOAP [W3C07b] erreicht [CLO+09]. Die formale Modellierung von unternehmensüber-

greifenden Serviceprozessen mit Web Service-Netzen gestaltet eine formale Modellierung des Datenflusses (Nachrichten und Web Service-Beschreibungen) und des Kontrollflusses auf der Basis von Web Services. Web Service-Netze unterstützen die Komposition, wie bspw. *Orchestrierung* und *Choreographie* und unterstützen die Modellierung der in WSDL beschriebenen Nachrichtenaustauschmuster (*Message Exchange Pattern (MEP)*) [W3C07c] wie *One-Way*, *Request-Response*, *Solicit-Response* und *Notification*. Die technische Umsetzung von Serviceprozessen nach der vierten Gruppe G_4 des Sichtenmodells [DO96] von maschinenlesbaren Programmiersprachen zur Automatisierung auf der Ausführungsebene erfolgt durch die Ausführung von Web Services und deren Komposition. Elementare Transitionen oder Serviceprozesse, die durch aggregierte Transitionen vergrößert sind, werden als Web Services gekapselt. Die Stellen des Vor- und Nachbereichs der jeweiligen Transitionen dienen als Schnittstellen für die Kommunikation zwischen den verschiedenen Web Services [BKL+06]. Für die Unterstützung der Modellierung eines Anwendungsfalls in der Dienstleistungsbeschaffung auf Basis Service-orientierter Architekturen unter der Verwendung von Web Services wird ein Serviceprozessmodell mit abstrakten Web Service-Transitionen entwickelt, deren Funktionalität durch konkrete Szenarien und Anforderungen bestimmt wird (Abbildung 96). Ausgehend von einer Serviceprozessphase wird ein Serviceprozessmodell nach dem Schichtenmodell bis zur Ebene E_2 verfeinert. Auf der Ebene E_0 lässt sich die *Auftragsphase* modellieren und auf der Modellierungsebene E_1 verfeinern. Die Modellierungsebene E_1 beschreibt den Serviceprozess durch die Serviceprozessmodule $t_{sm_{AG}}^1$, $t_{sm_{AG}}^2$ und $t_{sm_{AG}}^3$. Auf der Modellierungsebene E_2 wird der interne Serviceprozess *Auftragsprüfung* des Serviceprozessmoduls $t_{sm_{AG}}^2$ näher betrachtet und im Detail als höheres Service-Netz modelliert. Verhandelte Aufträge übermittelt der Dienstleistungsnachfrager an den Dienstleistungsanbieter ($s_{so_{AT}}^1$). Der Dienstleistungsanbieter empfängt die Aufträge, die als unbestätigte Aufträge klassifiziert werden ($s_{so_{AT}}^2$). Die Aufträge werden nach ihrer ID zu sortiert (s_{so_1}). Die auf Fehler geprüften Aufträge (s_{so_2}) werden als fehlerhafte Aufträge bestätigt (s_{so_4}), die für valide erklärten Aufträge (s_{so_3}) genehmigt ($s_{so_{AF}}^3$). Die auf Fehler geprüften und die validierten Aufträge ($s_{so_{AF}}^4$) werden an den Dienstleistungsnachfrager übermittelt. Automatisierbare Aktivitäten und deren Vor- und Nachbereich, die durch einen Web Service ausgeführt werden, werden als dunkelgrau gefärbte Transitionen tm_1 , tm_2 , tm_4 und tm_7 mit einem gestrichelten Rahmen markiert.

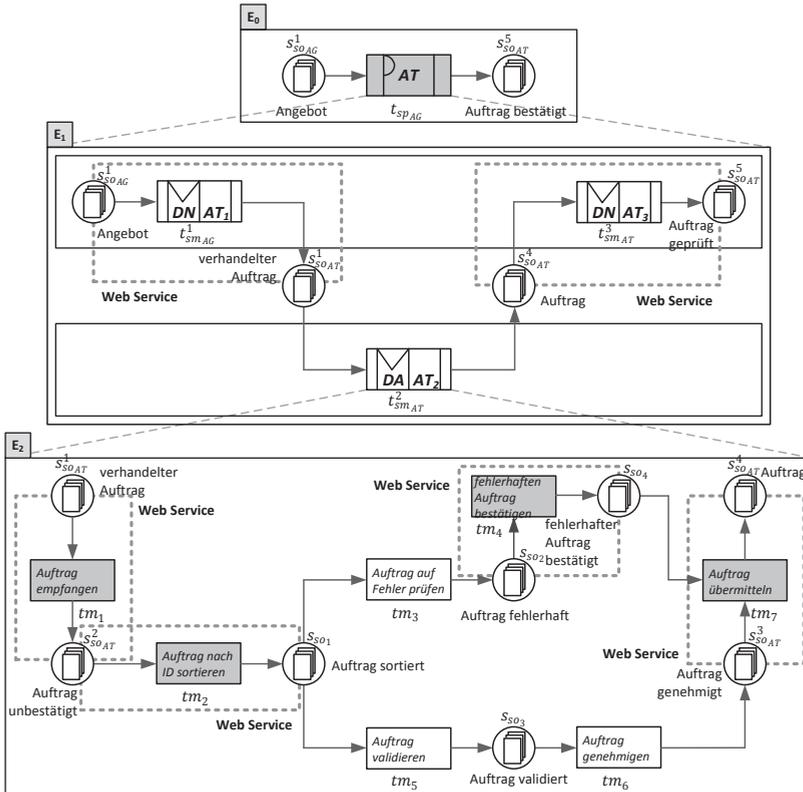


Abbildung 96: Ausführung von elementaren Transitionen durch die Kapselung von Web Services auf der Modellierungsebene E₂

Die Ebene E₂ des Serviceprozesses in Abbildung 96 wird als vereinfachtes Web Service-Netz¹⁵⁰ modelliert (Abbildung 97).

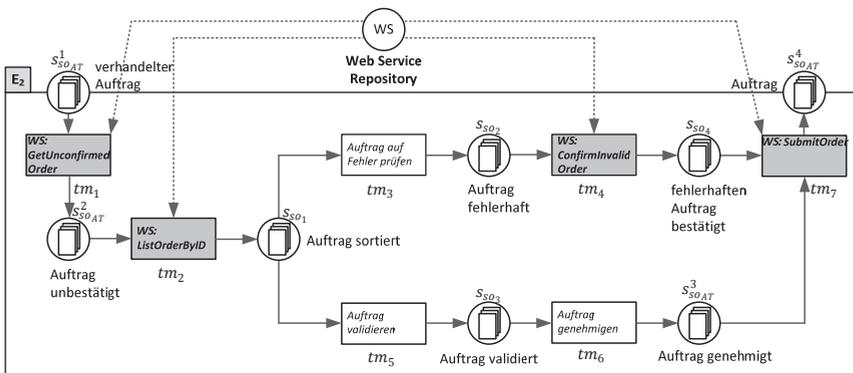


Abbildung 97: Service-Netz Auftragerstellung als Web Service-Netz

¹⁵⁰ Für die Übersichtlichkeit wird auf die Darstellung von ausmodellierten Filterschemata FS_i , Transitionsschriften TI_i und Stellentypisierungen ST_i verzichtet.

Dazu werden den Transitionen tm_1, tm_2, tm_4 und tm_7 des Serviceprozesses auf der Modellebene E_2 Web Services zugeordnet. Die Web Services stehen in einem *Web Service Repository*, das durch die Stelle WS repräsentiert wird, zur Verfügung. Die gestrichelten ausgehenden Kanten der Stelle WS bilden Lese-Verbindungen ab, die durch Auswahlfilterschemata dargestellt sind.

Das Beispiel *Validierung fehlerhafter Aufträge* wird als ein abstraktes Web Service-Netz-Serviceprozessmodell modelliert (Abbildung 98).

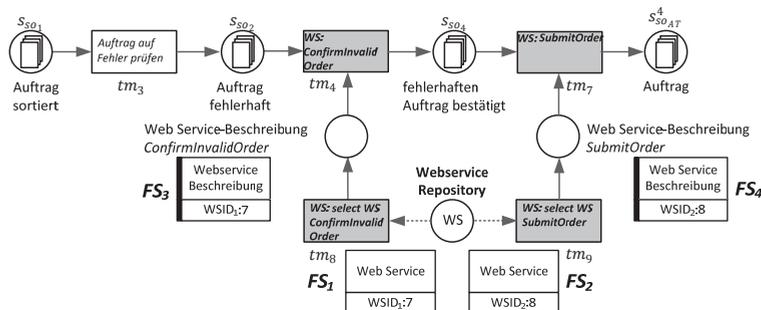


Abbildung 98: Web Service-Netz mit Web Service Selection

Um Aufträge zu übermitteln und zu empfangen, sowie die übermittelten Aufträge zu sortieren, werden den Transitionen tm_7 und tm_8 die benötigten Web Services mit Beschreibungen zugeordnet und in den Prozess durch *Web Service Selection*¹⁵¹ eingebunden. In der Phase der technischen Modellierung des Vorgehensmodells werden Filterschemata zur Filterung von Web Services nach einem Web Service-XML-Schema wie bspw. einem WSDL-Schema erstellt (*design time*). Transitionsinschriften modellieren Bedingungen für die Web Service Selection. Zur Laufzeit des Serviceprozesses (*run time*) interpretiert und evaluiert die Workflow-Engine die Filterschemata und Transitionsinschriften, um Web Service-Beschreibungen als XML-Dokumente zu filtern und zu erstellen. Um die ungültigen Aufträge zu bestätigen, wird der Web Service, dessen Beschreibung in einem WSDL-Repository gespeichert ist, selektiert und durch die Transition tm_8 aufgerufen. Die abstrakten Transitionen tm_8 (*select WS ConfirmInvalidOrder*) und tm_7 (*ConfirmInvalidOrder*) werden verwendet, um Web Services zur Laufzeit zu binden und aufzurufen. Die eingehenden Kanten der Transitionen tm_8 und tm_9 sind Leseverbindungen mit selektiven Vergleichsfiltern FS_1 und FS_2 . Die Manipulationsfilterschemata FS_3 und FS_4 werden verwendet, um eine Web Service-Beschreibung zu erstellen und der ausgehenden Kante der Transitionen zuzuordnen. FS_3 und FS_4 lassen sich nach einem WSDL-Schema erzeugen. Web Service-Netze ermöglichen die Analyse und Simulation von verteilten Geschäftsprozessen. Die erzeugten Netze werden durch Transformation in einen ausführbaren WS-BPEL-Code konvertiert [HKT08, KM05].

¹⁵¹ Die Zuweisung von Web Services kann durch *Web Service Selection* oder *Web Service Discovery* erfolgen. Web Service Selection definiert den Vergleich und die Auswahl eines passenden Web Services aus einer Menge von bekannten Web Service-Beschreibungen, die den gegebenen Anforderungen entsprechen. Mit Hilfe von Web Service-Netzen lassen sich Web Service Discovery und Web Service Selection kombinieren. *Web Service Discovery* beschreibt das Auffinden von Funktionalität eines passenden Web Services aus einer Menge zur Verfügung stehender Web Service-Beschreibungen.

6.5.3.2 Transformation und Ausführung von Web Service-Netzen

Ein Web Service-Netz ermöglicht die präzise Modellierung aller Aspekte eines Serviceprozesses, mit dem Ziel, zu einem direkt ausführbaren Serviceprozessmodell zu gelangen. Um eine B2B-Integration überbetrieblicher Serviceprozesse auf der Basis standardisierte Web Service-Technologien wie WSDL, SOAP oder UDDI einzurichten, werden von Web Service-Netzen WS-BPEL-Elemente abgeleitet. Das BPEL-Modell eines Web Services heißt *Web Service-Prozessmodell* [Ma04]. WS-BPEL verwendet eine XML-basierte Notation und Semantik für die Beschreibung des Verhaltens von Serviceprozessen auf der Basis von Web Services. Ein Web Service oder mehrere Web Services beschreiben das Verhalten und die Interaktion von Prozessinstanzen, Prozessteilnehmern und Ressourcen durch Web Service-Schnittstellen [ACK+04]. Die Transformation von Web Service-Netzen in ausführbaren WS-BPEL-Code erfolgt über die Kontroll- und Datenflussstruktur. Von der Netzstruktur des Kontrollflusses aus werden spezifische Strukturen und Elemente identifiziert und in WS-BPEL-äquivalente Strukturen überführt. Die detaillierte Beschreibung der Transformation von Web Service-Netzstrukturen zu WS-BPEL-Elementen sowie der Transformationsalgorithmus sind in Herfurth et al. [HKT08] und Karle [Ka12] beschrieben.

6.6 Bewertung des Modellierungsansatzes

Die entwickelte integrierte Modellierungsmethode *iServMod* wird einer abschließenden Bewertung unterzogen.

6.6.1 Bewertung der erreichten Gestaltungsziele

An die Entwicklung und Definition der Modellierungsmethode der integrierten Servicemodellierung *iServMod* werden Anforderungen definiert (siehe Abschnitt 6.1.1). Sie werden nach der Vorstellung der integrierten Modellierungsmethode und Modellierungsbeispielen aufgegriffen, um eine Bewertung zu ermöglichen. Die integrierte Modellierungsmethode *iServMod* basiert auf der formalen Modellierungssprache der Petri-Netze, einer mathematisch fundierten Sprachdefinition. Durch Petri-Netze lassen sich statische und dynamische Komponenten (Zustandsbeschreibungen und Aktivitäten) in Serviceprozessen modellieren, analysieren, simulieren und ausführen (AF_{IS_1}). Die verwendete Modellierungssprache der integrierten Servicemodellierung ist um anwendungs- und zielsystem-spezifische Features zu erweitern und unterstützt die strukturierte, übersichtliche sowie lesbare Modellierung von Serviceprozessmodellen. Objekte der Realwelt sind adäquat darstellbar (AF_{IS_2}). *iServMod* unterstützt die präzise Modellierung von Serviceprozessen (Geschäftsprozessen) und Serviceobjekten (Prozessobjekten). Datenobjekte und Serviceobjekte sind syntaktisch und semantisch formal beschreibbar (AF_{IS_3}). Der inner- und überbetriebliche Datenfluss von Serviceprozessen wird durch einfache und komplexe Serviceobjekte modelliert (AF_{IS_4}). Die Modellierung des Datenflusses erfolgt durch XML-basierte und formale Datenmodelle von Serviceobjekten auf der Basis von XML-Netzen (AF_{IS_5}). Die Modellierungsmethode *iServMod* steht für die hierarchische Modellierung von Ser-

viceprozessen und Serviceobjekten auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen zur Verfügung. Statische und dynamische Komponenten werden auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen detailliert (AF_{IS_6}). Die Modellierung von Serviceprozessen erfolgt durch eine schrittweise Formalisierung. Von informalen Serviceprozessmodellen über anwendungsneutrale, semiformale Serviceprozessmodelle werden Serviceprozesse hin zu formalen, plattformabhängigen Serviceprozessmodellen überführt. Die schrittweise Formalisierung unterstützen einfache und höhere Service-Netze sowie Web Service-Netze (AF_{IS_7}). Anwendergruppen mit unterschiedlich ausgeprägten Modellierungserfahrungen modellieren auf der Basis von unterschiedlichen Abstraktionsgraden (AF_{IS_8}). Durch die Modellierung von Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodulen auf höheren Abstraktionsebenen werden Serviceprozesse top-down hin zu detaillierten Serviceprozessen als Workflows unter Verwendung von Web Services auf der Ablaufebene modelliert (AF_{IS_9}). Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodule erlauben die Wiederverwendung von vordefinierten Konzepten ($AF_{IS_{10}}$). Die hierarchische Modellierung von Serviceprozessen unterstützt auch die Modularisierung von Serviceprozessen. Dadurch ist eine verteilte Modellierung durch Fachanwender und Modellierungsexperten möglich. Serviceprozessmodelle setzen sich vereinfacht zu einem gesamten Serviceprozessmodell zusammen. Inner- und überbetriebliche Serviceprozesse sowie statische und dynamische Schnittstellen lassen sich durch die Sprachkonzepte von XML-Netzen modellieren und formal beschreiben. Die Modellierung von kollaborativen Serviceprozessen und die syntaktische und semantische Kompatibilität von Serviceprozessmodellen werden sichergestellt ($AF_{IS_{11}}$). Die semantische Kompatibilität der domänenspezifischen Transitionstypen ist durch die Verwendung von einheitlichen XML-Schemata an den typisierten Serviceobjekt-spezifischen Stellen und durch den Ausschluss begrifflicher Probleme ausgeschlossen. Die Vollständigkeit und Korrektheit des gesamten Geschäftsprozessmodells analytisch und simulativ sind zu prüfen ($AF_{IS_{12}}$). Die semantische und syntaktische Korrektheit der Serviceprozessmodelle unterstützen die syntaktischen Regeln von Petri-Netzen. *iServMod* erhält die Struktureigenschaften von B/E-Netzen und ist auf B/E-Netze abbildbar ($AF_{IS_{13}}$). Durch analytische und simulative Verfahren werden die erstellten Serviceprozessmodelle auf Konsistenz, Reaktionszeit, Ressourcenverbrauch und Kapazitätsauslastung geprüft ($AF_{IS_{14}}$). *iServMod* dienen der Modellierung des Daten- und Kontrollflusses. Die Komposition von Serviceprozessen erfolgt durch die Choreographie von Serviceprozessphasen und die Orchestrierung von Serviceprozessmodulen und Serviceprozessen für die Modellierung von Kollaborationen ($AF_{IS_{15}}$). Ein adäquates Softwarewerkzeug (siehe Kapitel 8) zur Modellierung und Simulation von Serviceprozessen und Serviceobjekten unterstützt *iServMod*. Je nach Komplexität der realen Abläufe können komplexe Serviceprozessmodelle entstehen. Die Modellierung von komplexen Serviceprozessmodellen mit Service-Netzen ist mit einem zeitlichen Aufwand und Ressourcenaufwand verbunden. Dadurch ist je nach Komplexität der zugrunde liegenden Serviceprozesse ein angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen nicht a priori gegeben ($AF_{IS_{16}}$).

6.6.2 Qualitative Bewertung

Der Modellierungsansatz der integrierten Modellierungsmethode *iServMod* unterstützt explizit die integrierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten. Der Ansatz wurde am Beispiel der industriellen Dienstleistungsbeschaffung entwickelt und angewendet. Domänenspezifische Modellierungskonstrukte basierend auf der Erweiterung durch Stellen- und Transitionskonzepte ermöglichen die explizite Modellierung von Schnittstellen, Prozessphasen, kollaborativen Serviceprozessen und deren Kapselung durch Prozessmodule. Die domänenspezifischen Modellierungserweiterungen unterstützen im Besonderen die hierarchische Modellierung von Serviceprozessen, die Unterstützung der verteilten Modellierung als auch die domänenspezifische Modellierung von Datenschemata. Die Komposition von Teilserviceprozessmodellen durch Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodule wird durch die syntaktische und semantische Kompatibilität gewährleistet. Die syntaktische Kompatibilität wird formal definiert und erfordert eine Überdeckung von Input- und Outputschnittstellen. Die semantische Kompatibilität wird durch die Verwendung einheitlicher XML-Schemata und den Ausschluß begrifflicher Unklarheiten unterstützt. Weiterhin könnte die semantische Kompatibilität zwischen Serviceprozessphasen und Serviceprozessmodulen in Verbindung mit der Verwendung von Ontologien¹⁵² verbessert werden. Die integrierte Modellierungsmethode ist ein formaler Modellierungsansatz auf der Basis von Petri-Netzen. Dabei werden die Semantik und Eigenschaften von Petri-Netzen durch die syntaktischen Erweiterungen nicht verändert. Die Vorteile der formalen Geschäftsprozessmodellierungssprache der Petri-Netze bleiben somit erhalten. Die entwickelten domänenspezifischen Modellierungserweiterungen unterstützen die Modellierungstechniken Hierarchisierung, Modularisierung und Schnittstellenbeschreibung. Die Anwendung dieser Erweiterungen ist auf andere Domänen übertragbar. Die syntaktischen Modellierungserweiterungen lassen sich generisch einsetzen. Die Datenschemata müssen dem jeweiligen Domänenkontext angepasst werden.

¹⁵² Strukturierte Wissensbeschreibungen lassen sich durch *Ontologien* als Darstellung und formale Spezifikation von Wissen abbilden. Sie definieren sowohl die Syntax (Form) als auch die Semantik (Inhalt, Bedeutung). Ontologien beschreiben Konzepte (Begriffe) und deren Beziehung untereinander für eine spezifische Domäne, sorgen für ein einheitliches Verständnis, klassifizieren Begriffe (Taxonomie), setzen Begriffe in Beziehung zueinander (Thesaurus) und vermeiden terminologische Verwechslung [HKR+08, SS03, OGS09]. Die Beschreibung von Ontologien erfolgt durch semantische Beschreibungssprachen wie *RDF-Schema* [W3C14], *DAML+OIL* [W3C01b] und *OWL* [W3C04d].

7 Einheitliche Prozessgestaltung in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung

Das Kapitel „*Einheitliche Prozessgestaltung in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung*“ befasst sich mit der Entwicklung des Referenzprozessmodells *RPSP* für Service Chains der Beschaffung von industriellen Dienstleistungen¹⁵³. Das Referenzprozessmodell betrachtet organisationsübergreifende Prozessabläufe am Beispiel der Beschaffung von Dienstleistungen als durchgängige Geschäftsprozesse mit integrierter Definition der Prozessschnittstellen. Die Beschreibung bezieht die Entstehung eines Bedarfs bei einem Dienstleistungsnachfrager bis zur Übermittlung der Zahlungsbestätigung des Dienstleistungsanbieters an den Dienstleistungsnachfrager ein. Nach Fettke und Loos [FL04] wird in der Literatur das Konzept der Referenzmodellierung vorgeschlagen, um den Prozess der Konstruktion von unternehmensspezifischen Modellen zu verbessern. Für die erfolgreiche und effiziente Entwicklung von Informationssystemen sind die im Vorfeld erstellten Referenzmodelle eine allgemein anerkannte Grundlage [Ku00]. In Referenzmodelle fließen Anforderungen von Fachvertretern unterschiedlicher Unternehmensbereiche von mehreren Unternehmen ein. In Service Chains der industriellen Dienstleistungsbeschaffung erfolgt die netzwerkweite Gestaltung von Prozessen und Strukturen. Die Ausgestaltung der Geschäftsprozesse ist entscheidend für die Kollaboration der beteiligten Unternehmen, um eine koordinierte und abgestimmte Zusammenarbeit und Kommunikation sowie eine enge organisatorische und technische Zusammenarbeit zu gewährleisten. Die Geschäftsprozesse implizieren manuelle, semi-automatisierte und automatisierte Aktivitäten. Bisher orientieren sich Ansätze in der wissenschaftlichen Diskussion an traditionellen Beschaffungsprozessen für Sachgüter. Die Kombination von verschiedenen Beschaffungsprozessen von Sachgütern und Dienstleistungen bereiten Probleme [BS11] und stellt die Wissenschaft vor neue Herausforderungen. Das Referenzprozessmodell unterstützt die Strukturierung und Modularisierung von Geschäftsprozessen durch eine hierarchische Struktur. Es bildet dadurch ein Rahmenwerk für die Gestaltung von Informationssystemen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung. In *Abschnitt 7.1* erfolgt eine kurze Einführung in die Referenzmodellierung. Die Grundlagen von Referenzmodellen, ihre elementaren Eigenschaften, ihr Nutzen und ihre Probleme werden dargestellt. *Abschnitt 7.2* begründet die Entwicklung eines Referenzprozessmodells für die Dienstleistungsbeschaffung. Anforderungen an das Referenzprozessmodell werden definiert, existierende Referenzprozessmodelle vorgestellt und bewertet. Vorhandene Schwächen und Modellierungslücken werden aufgezeigt. Das Referenzprozessmodell *RPSP* wird in *Abschnitt 7.3* entwickelt und die einzelnen Serviceprozessmodelle der Serviceprozessphasen modelliert und vorgestellt. Abschließend wird das Referenzprozessmodell in *Abschnitt 7.4* bewertet.

¹⁵³ Das Management und die Gestaltung von Geschäftsprozessen in Service Chains werden unter dem Begriff *Service Prozess-Management* [Fi09] zusammengefasst.

7.1 Einführung in die Referenzmodellierung

Ein *Referenzmodell* stellt eine Empfehlung für die Entwicklung konkreter Modelle dar. Es bildet allgemeingültige Lösungsvorschläge für eine (abstrakte) Klasse von Problemen ab und unterstützt die auf eine konkrete Aufgabenstellung bezogene Problemlösung: Es bietet einen Ausgangspunkt und lässt sich als Modellmuster für eine Klasse zu modellierender Sachverhalte heranziehen [FL02, Sc97b]. Ein Referenzmodell dient als Mustermodell und stellt allgemeingültige Lösungen für verwandte Probleme bereit. Referenzmodelle werden als Teilmenge von *Best Practice-Modellen*¹⁵⁴ betrachtet [SVO+11]. Das Ziel der Entwicklung von Referenzmodellen ist die Wiederverwendbarkeit der bestehenden Modelle und die Dokumentation von domänenspezifischen Informationen. Referenzmodelle erheben einen Anspruch auf Allgemeingültigkeit und Wiederverwendbarkeit, da die Konstruktionsergebnisse eines Referenzmodells für einen spezifischen Kontext übernommen und adaptiert werden können. Ein *common-practice-Wissen* über den zugehörigen Anwendungsbereich implizieren Referenzmodelle. Ihr Einsatz fördert den Transfer betriebswirtschaftlichen Know-Hows und stellt den Anwendern eine höhere Wirtschaftlichkeit in Aussicht [BNK04, Br03a, FL07]. Jedoch stehen den möglichen Einsparungen durch den Einsatz von Referenzmodellen die nicht unerheblichen Adaptions- und Wartungskosten gegenüber [BDR04, BK03, BK04a]. In der Literatur werden im Besonderen die herausgestellten elementaren Eigenschaften eines Referenzmodells kritisch bewertet. Das *Prinzip der Allgemeingültigkeit* wird in Frage gestellt, da allein die Deklaration zum Referenzmodell nicht die Qualität und damit die Allgemeingültigkeit des Modells gewährleistet [Fe06]. Die Behauptung, über Best Practice-Modelleigenschaften zu verfügen, ist nicht überprüfbar. So ist das *beste Verfahren* bzw. die *Erfolgsmethode* [Lo11] streng zu validieren [Sc98]. Nach Fettke und Loos [FL02] wird die Referenzmodellierung in den Prozess der systematisch und methodisch durchgeführten Erstellung¹⁵⁵ eines Referenzmodells und in den Prozess der Anwendung des Referenzmodells unterteilt. Referenzmodelle bilden formale Aspekte, Inhalte sowie Konzepte für ihre Beschreibung und Modellierung ab. Die Inhalte von Referenzmodellen sind Abläufe, Objekte oder Entscheidungssituationen und werden problem-spezifisch und vor dem Hintergrund der Aufgabenstellung festgelegt. Referenzmodelle tragen entscheidend zum Erfolg integrierter betriebswirtschaftlicher Standardsoftwareprodukte bei. Betriebliche Informationssysteme nutzen Referenzmodelle, auf deren Grundlage die Auswahl und Parametrisierung von Teilmodellen und Geschäftsprozessen durch Customizing ermöglicht wird. Ein *Referenzmodell* wird nach Goeken [Go02] wie folgt definiert:

Definition 7.1: *Referenzmodell*

Ein *Referenzmodell* ist eine Empfehlung, die für die Entwicklung konkreter Modelle nützlich ist. Es stellt allgemein gültige Lösungsvorschläge für eine

¹⁵⁴ Der Begriff *Best Practice* wird wörtlich als *bestes Verfahren* oder freier mit dem Begriff *Erfolgsmethode* übersetzt [Lo11]. Damit wird im Allgemeinen der Zusammenhang des Einsatzes bewährter und kostengünstiger Verfahren, technische Systeme und Geschäftsprozesse eines Unternehmens und dessen Musterfunktion für andere Unternehmen bezeichnet [Da00, RL05].

¹⁵⁵ In der Literatur wird hier auch von der *Konstruktion* gesprochen, dem Aufbau von Strukturen aus Komponenten oder Bausteinen durch die Anwendung von Konstruktionsprinzipien [Br03a].

(abstrakte) Klasse von Problemen dar und unterstützt die auf konkrete Aufgabenstellungen bezogene Problemlösung, indem es einen Ausgangspunkt bietet und als Modellmuster für eine Klasse zu modellierender Sachverhalte herangezogen wird.

Becker und Knackstedt [BK04a] definieren Referenzmodelle als *Informationsmodelle*, die als Ausgangslösungen zur Entwicklung spezifischer Modelle dienen¹⁵⁶. Sie bilden eine spezielle Klasse von Informationsmodellen ab, da sie nicht für einen einzelnen Anwendungskontext erstellt werden, sondern als generalisierte Modelle über Informationen für eine Kategorie abstrakter Anwendungsfälle verfügen. Sie leisten und erklären einen Beitrag für eine systematische, fach- und informationstechnische Analyse und Gestaltung von Organisationen und ihre Aktivitäten [Br03a, BS04b, Sc97b, Sc98, Th06]. Schütte [Sc98] definiert ein *Referenzinformationsmodell* als das „*Ergebnis einer Konstruktion eines Modellierers, der für Anwendungssystem- und Organisationsgestalter Informationen über allgemeingültig zu modellierende Elemente eines Systems zu einer Zeit als Empfehlungen mit einer Sprache deklariert, so dass Gestaltungsprobleme gelöst werden können und Effizienzsteigerungen erzielt werden*“. Referenzmodelle stellen als *Metamodelle* oder *Soll-Modelle* eine allgemeingültige Empfehlung dar, die dem organisatorischen Aufbau von Prozess- und Informationssystemlandschaften in Unternehmen dient. *Metamodelle* unterstützen den Modellierenden auf abstrakter Ebene. *Soll-Modelle* dienen zum direkten Abgleich mit Modellierungsergebnissen. Referenzmodelle können aus verschiedenen Artefakten wie Informationsmodellen, Vorgehens- und Phasenmodellen, Rollenkonzepten etc. bestehen. Sie sprechen nutzbare, allgemeingültige Empfehlungen aus, die zur Modellierung von Geschäftsprozessen und als Ausgangspunkt von Informationsmodellen dienen [Pe10a]. Für die *Referenzprozessmodellierung* und die Darstellung und Beschreibung von *Referenzprozessmodellen* werden Modellierungssprachen und Methoden aus dem Geschäftsprozessmanagement verwendet (siehe Kapitel 3). Eine Menge von Geschäftsprozessmodellen mit ähnlichen Eigenschaften wird als eine *Klasse von Modellen* bezeichnet und durch ein *Referenzprozessmodell* beschrieben. Die Standardisierung von Geschäftsprozessen erfährt eine wachsende Bedeutung. Die unternehmensinterne und vor allem die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit zwischen Unternehmen sind transparenter und effizienter gesteuert. Standardisierte Geschäftsprozesse und die Bildung einer durchgängigen und einheitlichen Geschäftsprozesslandschaft bilden die Grundlage für eine Harmonisierung von IT-Anwendungen und die überbetriebliche Verknüpfung von Geschäftsprozessen. Für Branchen mit einer starken Standardisierung von Geschäftsprozessen und Strukturen existieren branchenspezifische Referenzprozessmodelle.

Ein Referenzprozessmodell beschreibt ein Rahmenwerk, bestehend aus Referenzdaten, Referenzprozessen, Referenzprozessbausteinen, Referenzprozessschnittstellen und einem zugeordneten Referenz-Rollenplan [De05]. Ein Referenzprozess dokumentiert ein aus praktischen Anwendungsfällen (*Best Practice Cases*) oder theoretischen Überlegungen entwickeltes Prozesswissen und bietet für Unternehmen eine Ausgangslösung und Orientierung für die Prozessgestaltung [Sc94]. Durch eine Anpassung an Detaillierungsgrad und fachlichen Inhalt aufgrund unternehmensspezifischer Anforderungen entsteht ein unternehmens-

¹⁵⁶ Weitere Definitionen können bspw. [Br03a, FL07] entnommen werden.

bezogenes bzw. domänenbezogenes Geschäftsprozessmodell [Sc02a]. Geschäftsprozessmodelle dienen der Anforderungsspezifikation für Softwarelösungen von betrieblichen Informationssystemen, abgeleitete Geschäftsprozessmodelle der Ableitung unternehmensspezifischer Informationsmodelle und damit der domänenspezifischen Gestaltung [Be99, MM09]. Ein Referenzprozessmodell soll eine einheitliche, konsistente, systematisch, widerspruch- und redundanzfreie Basis bilden. Referenzprozessmodelle stellen einen wesentlichen Ausgangspunkt für den Entwurf von betrieblichen Informationssystemen dar [Sc90, Th08] und bilden die Grundlage für den Entwurf anderer, abgeleiteter Modelle [Th08]. Die Gestaltung von Informationssystemen ist ein entscheidender Erfolgsfaktor für Unternehmen. Mit der Wiederverwendung der in diesen Modellen vorgestellten Problemlösungen wird das Ziel verfolgt, sowohl den Aufwand der Erstellung spezifischer Informationsmodelle zu reduzieren als auch deren Qualität zu sichern. Nach Scheer [Sc99] stellt ein Referenzmodell den Ausgangspunkt für die Entwicklung von Informationsmodellen dar, die zur Problemlösung einer konkreten Aufgabenstellung dienen. Ein Referenzprozessmodell geht von einem abstrakten ganzheitlichen Zusammenwirken von organisatorischen und technischen Komponenten aus und besteht aus einer Hierarchie von Prozessen, die nach unten stärker aufgefächert werden [MN06]. In Anlehnung an Kobler [Ko10b] wird der Begriff *Referenzprozessmodell* in dieser Arbeit mit dem Begriff *Referenzinformationsmodell* gleichgesetzt und vereint den Empfehlungscharakter eines Modells und den Bezug zu Informationssystemen. Ein *Referenzprozessmodell* wird wie folgt definiert:

Definition 7.2: *Referenzprozessmodell*

Ein *Referenzprozessmodell* beschreibt eine Klasse von Geschäftsprozessmodellen mit ähnlichen Eigenschaften und ist ein Referenzinformationsmodell, das eine modellhafte, abstrahierende und allgemeingültige Beschreibung von Prozessen, Funktionen und Daten für Unternehmen in strukturierter und konsistenter Form darstellt. Es bildet eine systematische und allgemeingültige Beschreibung eines definierten Bereichs ab und leistet als Metamodell durch seine Anwendbarkeit und Übertragbarkeit einen Beitrag zur Ableitung von spezifischen Modellen für die Entwicklung von Informationssystemen.

7.1.1 Elementare Merkmale von Referenzmodellen

Die Merkmale *Allgemeingültigkeit* und *Empfehlungscharakter* werden als elementare Merkmale von Referenzmodellen angesehen:

- ***Allgemeingültigkeit:*** Ein Referenzmodell stellt Sachverhalte für eine Klasse von Problemstellungen dar. Sie werden nicht nach Anforderungen für einen speziellen Gültigkeitsbereich entwickelt, sondern in die Modellierungsprozesse des Modells einbezogen und determinieren das Ergebnismodell [Sc98, Sc99]. Eine Allgemeingültigkeit eines Referenzmodells bezieht sich auf die Gültigkeit des Modells unter bestimmten Voraussetzungen [Br03a]. Damit wird die Allgemeingültigkeit durch eine variierende Wahrnehmung von Modellersteller und Nutzer relativiert.

- **Empfehlungscharakter:** Referenzmodelle stellen Soll-Modelle dar, die einen Empfehlungscharakter aussprechen. Der Gehalt der Empfehlung und damit die Qualität des Referenzmodells ist schwierig zu bewerten [Sc98].

Die geforderten elementaren Eigenschaften von Referenzmodellen sind nicht objektiv erfassbar und werden in ihrer Intensität durch Modellierer und Anwender unterschiedlich wahrgenommen. Die Intensität der Merkmalsausprägungen der Allgemeingültigkeit und des Empfehlungscharakters eines Referenzmodells fällt bei einer zunehmenden übereinstimmenden Wahrnehmung von Modellierer und Anwender umso intensiver aus. Die Eigenschaften werden nur durch das zeitliche Auseinanderfallen ihrer Beurteilung und die Anonymität der Nutzer geprägt [Pe10a]. Sie verstärken die Wahrnehmungsunterschiede, die durch die zweck- und personenspezifisch eingenommenen Perspektiven gegeben sind (siehe Abbildung 99).

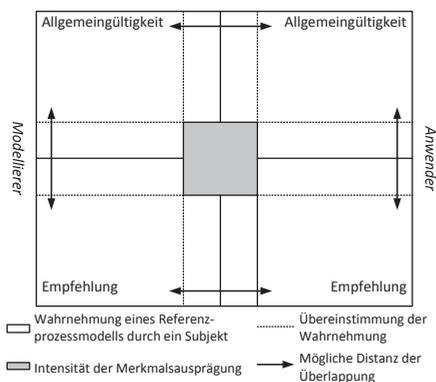


Abbildung 99: Problemfelder des Referenzprozessmodellbegriffs [Pe10a]

Die elementaren Merkmale der Allgemeingültigkeit und der Empfehlungscharakter weisen einen spezifischen Nutzen und auch Probleme auf.

7.1.2 Nutzen und Probleme von Referenzmodellen

Aus dem Allgemeingültigkeitsanspruch von Referenzmodellen und aus ihrem präskriptiven und normativen Charakter zeigt sich, dass ihre Gültigkeit weder bewiesen noch widerlegt werden kann [Sc98]. Als Gütekriterium rückt daher anstelle der Beweisbarkeit und Falsifizierbarkeit das Kriterium der Nützlichkeit bzw. Anwendbarkeit. Der Nutzen von Referenzmodellen kann in der Dokumentation, dem Qualitätsmanagement, dem Wissensmanagement, der prozessorientierten Reorganisation, dem Benchmarking sowie in der Informationssystemgestaltung liegen. Er ergibt sich durch Kostensenkungen, Risikominimierung und besseres Verständnis von Beteiligten bei Entscheidungssituationen. Die verschiedenen Zielsetzungen und Inhalte der Modelle bewirken eine differenzierte Wahrnehmung von Referenzmodellen. Nachteile ergeben sich durch den normierenden Charakter von Referenzmodellen. Die Standardisierung verursacht den Verlust von strategischen Wettbewerbsvorteilen, wenn Anpassungen an Referenzmodelle oder die Erstellung unternehmensspezifischer Modelle unterbleiben.

7.2 Entwicklung eines Referenzprozessmodells

Für die Entwicklung eines Referenzprozessmodells für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung werden im ersten Schritt Anforderungen definiert und existierende Ansätze verglichen. Das Referenzprozessmodell beruht auf den Forschungsergebnissen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts. Die aufgeführten fachlichen Anforderungen an das Referenzprozessmodell wurden während der Durchführung des Projekts mit Partnern aus Forschung und betrieblicher Praxis identifiziert und validiert. An das Referenzprozessmodell werden die folgenden sprachlichen und fachlichen Anforderungen im Kontext der Dienstleistungsbeschaffung gestellt:

7.2.1 Sprachliche Anforderungen an das Referenzprozessmodell

Die sprachlichen Anforderungen an das Referenzprozessmodell werden definiert und nachfolgend beschrieben.

- **Spezifikation der Modellierungsmethode** (AF_{FR_1}): Das Referenzprozessmodell soll durch eine formale Spezifikation der Modellierungsmethode auf der Basis einer formalen Modellierungssprache abgebildet werden. Die Konzepte der Modellierungssprache, deren Zusammenhänge und assoziierte Regeln sind eindeutig definiert. Die Modellierungssprache unterstützt einerseits die Syntax und andererseits auch die Semantik des Modells. Das Referenzprozessmodell greift das definierte Teilmodell der Prozesssicht der domänenspezifischen Metamodellerweiterung auf (Kapitel 5).
- **Unabhängigkeit der Modellierungssprache** (AF_{FR_2}): Die Modellierungssprache soll unabhängig von proprietären Ansätzen sein, um eine möglichst breite Anwendergruppe zu erfassen.
- **Operationalisierbarkeit** (AF_{FR_3}): Die verwendete Modellierungssprache soll die Ausführung des Referenzprozessmodells und einzelner Serviceprozessphasen ermöglichen. Die Sprache unterstützt die Überführung von Geschäftsprozessmodellen in ausführbare Repräsentationen und deren Integration.
- **Einfachheit** (AF_{FR_4}): Die Modellierungssprache soll notwendige Konzepte modellieren, um die Anzahl und Komplexität ihrer Modellelemente beherrschbar zu gestalten (adäquater Sprachumfang). Die Modellierungselemente sollen einfach erlernbar und anwendbar sein.
- **Visualisierbarkeit** (AF_{FR_5}): Die Modellierungssprache des Referenzprozessmodells soll eine grafische Notation zur Beschreibung der Syntax ermöglichen und intuitive Konzepte entwerfen, die eine hohe Anschaulichkeit der Modelle gewährleisten.
- **Ausdrucksmächtigkeit** (AF_{FR_6}): Die Modellierungssprache soll alle relevanten Aspekte realer Objekte der Anwendungsdomäne der Dienstleistungsbeschaffung beschreiben.
- **syntaktische und semantische Vollständigkeit und Korrektheit** (AF_{FR_7}): Für die Modellierung sowie die konsistente und korrekte Beschreibung des abgebildeten Modells der realen Welt soll eine integrierte Modellierungsmethode zur Modellie-

nung von abgeleiteten Modellen des Referenzprozessmodells sichergestellt werden. Die syntaktische und semantische Vollständigkeit und Korrektheit ist durch eine korrekte Anwendung der Modellierungstechnik prüfbar.

- **Hierarchisierung und Adaptierbarkeit** (AF_{FR_8}): Das Referenzprozessmodell soll eine sinnvolle Struktur durch die Hierarchisierung von Teilmodellen bilden. Aus dem Referenzprozessmodell, das aus Prozessphasen mit definierten Schnittstellen aufgebaut ist, wird ein Gesamtprozess gebildet, der mehrere Hierarchiestufen umfasst. Aus diesem Grund ist das Referenzprozessmodell hierarchisch aufgebaut, um so aus Prozessphasen und Geschäftsprozessen ein kontextspezifisches Geschäftsprozessmodell für einen individuellen Unternehmenskontext abzuleiten. Der Begriff *Adaptierbarkeit* beschreibt die Anforderung, die veränderten Kontextbedingungen in das Referenzprozessmodell und die Gestaltungsentscheidungen einzubeziehen [BD04a]. Adaptierbare Prozesse sind in der Regel hoch spezialisiert und genau auf die jeweilige Aufgabe zugeschnitten. Ihre Struktur ermöglicht es, die notwendigen Änderungen des Prozesses mit geringem Aufwand durchzuführen [AS95]. Für die Arbeit mit adaptierbaren Prozessen ist die Unterstützung einer Versionsverwaltung des Referenzprozessmodells vorteilhaft. Das Referenzprozessmodell soll adaptierbar sein, um die individuellen Anforderungen eines Anwenders anpassen zu lassen. Individuelle Anforderungen an Geschäftsprozesse lassen sich auf detaillierteren Modellebenen abbilden.
- **Robustheit** (AF_{FR_9}): Das Referenzprozessmodell soll *robust* bzgl. der definierten Prozessstrukturen sein. Der Begriff der *Robustheit* beschreibt die Anforderung, einen Prozess so zu gestalten, dass er seine Aufgaben auch unter geänderten Kontextbedingungen weiterhin erfüllt, ohne selbst beeinträchtigt zu werden. Es ist zu beachten, dass sich Robustheit immer auf bestimmte Arten von Änderungen bezieht. So kann beispielsweise ein Prozess robust gegenüber der Änderung des Produktspektrums sein, aber nicht robust gegenüber Änderungen, die die Form der Kundenkommunikation betreffen [AS95].

7.2.2 Fachliche Anforderungen an das Referenzprozessmodell

An das Referenzprozessmodell werden fachliche Anforderungen definiert und im Folgenden beschrieben:

- **Abbildung von Erfahrungswissen** ($AF_{FR_{10}}$): Referenzmodelle erhalten ihren Referenzcharakter durch die Berücksichtigung von Erfahrungswissen. Sowohl bei der Erstkonstruktion des Referenzmodells als auch bei der fortschreitenden Weiterentwicklung ist diese Nutzersicht zu berücksichtigen. Referenzmodelle geben Prozesswissen dokumentiert wieder und dienen als Grundlage einer regelmäßigen Aktualisierung [He02a]. So soll das Referenzprozessmodell das Erfahrungswissen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung abbilden und erweiterbar sein.
- **Abbildung von spezifischen Prozessphasen in der Beschaffung von Dienstleistungen** ($AF_{FR_{11}}$): Die Beschaffung von Dienstleistungen ist durch spezifische Prozessphasen charakterisiert, die im Referenzprozessmodell strukturiert abgebildet

werden sollen. Die Prozessphasen werden durch Geschäftsprozesse ausgestaltet und berücksichtigen beschaffungsspezifische Abläufe. Die Geschäftsprozessmodelle sollen daher variabel gestaltet sein, um unterschiedliche Prozessabläufe als Prozessinstanzen abzubilden. Die Prozessphasen der Dienstleistungsbeschaffung unterscheiden sich von denen der Sachgüterbeschaffung und sollen explizit berücksichtigt werden.

- **Definition von Prozessschnittstellen** ($AF_{FR_{12}}$): Das Referenzprozessmodell soll Schnittstellen in und zwischen den Serviceprozessen als Definition von Vor- und Nachbedingungen (Input- und Outputdaten) bestimmen. Für durchgängige und harmonisierte Geschäftsprozesse in der Beschaffung von Dienstleistungen sind bestimmte, einheitliche Schnittstellen für den Dokumenten- und Datenaustausch notwendig. Im Unterschied zu Schnittstellen in der Sachgüterbeschaffung sind für spezifische Dokumenttypen in der Dienstleistungsbeschaffung neue Schnittstellen zu definieren. Aktuelle überbetriebliche Geschäftsprozesse der dienstleistungsbasierten Beschaffung werden durch Brüche im Informationsfluss (Medienbrüche) und in den Arbeitsabläufen geprägt. In der Folge entstehen Dateninkonsistenzen und Datenheterogenität zwischen betrieblichen Informationssystemen, Zeitverzögerungen und Inkompatibilitäten. Spezifische Geschäftsdokumenttypen, die in den kollaborativen Geschäftsprozessen zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager ausgetauscht werden, sollen an den Prozessschnittstellen berücksichtigt und abgebildet werden. Die Reihenfolge und Logik, in denen Datenobjekte und Geschäftsdokumenttypen zwischen den beteiligten Geschäftspartnern ausgetauscht werden, soll durch das Referenzprozessmodell vorgegeben werden.
- **Unterstützung von Prozessabläufen für spezifische Dienstleistungsbeschaffungstypen** ($AF_{FR_{13}}$): Das Referenzprozessmodell soll verschiedene Prozessabläufe für spezifische *Dienstleistungsbeschaffungstypen* (DT_i) in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung unterstützen. Ein Dienstleistungsbeschaffungstyp berücksichtigt Eigenschaften des Beschaffungsobjekts Dienstleistung, sein Bereitstellungsprinzip (Art der Beschaffung) sowie die Kunden-Lieferanten-Beziehung. Das Beschaffungsobjekt Dienstleistung sowie seine Bereitstellung in Form von geplanten oder ungeplanten Dienstleistungsbedarfen werden beachtet. Die Kunden-Lieferanten-Beziehung (Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager) soll einbezogen werden sowohl mit vertraglichen Regelungen als auch ohne sie. Das Referenzprozessmodell soll Geschäftsprozessstrukturen bilateraler und multilateraler Kollaborationen bestehend aus Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern abbilden. Durch die Vereinheitlichung von unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Prozessabläufen wird die Kollaboration beteiligter Unternehmen transparenter und effizienter. Einheitliche Prozessabläufe und die Bildung einer durchgängigen und einheitlichen Geschäftsprozesslandschaft bilden die Grundlage der Integration von Informationssystemen.
- **zentrales Leistungsverzeichnis mit einheitlichen Dienstleistungsbeschreibungen** ($AF_{FR_{14}}$): Ein *zentrales Leistungsverzeichnis* (*Service Repository*) mit einheitlichen Dienstleistungsbeschreibungen soll von Geschäftsprozessen in allen Phasen genutzt werden. Die einheitlichen Dienstleistungsbeschreibungen werden für die Beschrei-

bung von unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Prozessschnittstellen verwendet.

- **Multiperspektivität der Anwendbarkeit** ($AF_{FR_{15}}$): Das Referenzprozessmodell soll betriebswirtschaftliche Sachverhalte in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung abbilden, um die Prozess- und Organisationseffizienz in Unternehmen zu verbessern. Es dient als abstrahierte Repräsentation betrieblichen Wissens bspw. der Auswahl oder Konfiguration von Standardsoftware, der individuellen Softwareentwicklung, der Simulation von Geschäftsprozessen, der Organisationsgestaltung durch verschiedene Sichten für Fachbereiche sowie der Messung der Leistungsfähigkeit einer Organisation (Benchmarking). Diese vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und der Zielgruppen-Pluralismus zählen zur *Multiperspektivität* [Br03a] und sollen bereits bei der Modellierung berücksichtigt werden.
- **Anwendbarkeit des Referenzprozessmodells** ($AF_{FR_{16}}$): Mit der *Anwendbarkeit* lässt sich die Anpassung beschreiben, bei welchem Detaillierungsgrad das Referenzprozessmodell zur Gestaltung und Implementierung von unternehmensspezifischen Modellen eingesetzt wird. Die Anwendbarkeit eines Referenzprozessmodells, die Ableitung spezifischer Modellstrukturen und deren Realisierung, werden durch die Auswahl eines geeigneten Rahmenwerks, einer geeigneten Modellierungsmethode und insbesondere durch den Einsatz von Modellierungswerkzeugen unterstützt. Das Referenzprozessmodell soll als Grundlage und Referenz für die Entwicklung von betrieblichen Informationssystemen im Bereich der (semi-)automatisierten industriellen Dienstleistungsbeschaffung dienen. Für konkrete Anwendungen und Realisierungen individueller Modelle stehen eine geeignete Modellierungsmethode sowie ein unterstützendes Modellierungswerkzeug zur Verfügung.

7.2.3 Existierende Referenzmodelle für die Dienstleistungsbeschaffung

In der wissenschaftlichen und praxisorientierten Literatur existieren Referenzmodelle für die Dienstleistungsbeschaffung. Im Folgenden werden die existierenden Referenzmodelle *Beschaffungsprozess für Dienstleistungen* der PAS 1018 [DIN02A], *Beschaffungsprozess* von Münger und Eggel [ME07], *Beschaffungsmodell* von Ernst & Young [HRH09], *Grundprozess bei der Beschaffung von Dienstleistungen* der SAP AG [SAP11] und *Einkaufsprozess für den Dienstleistungseinkauf* von Spangenberg [Sp09] vorgestellt¹⁵⁷. Alle Modelle beschreiben Beschaffungsprozesse mit unterschiedlichem Fokus und unterschiedlicher Granularität. Die Auswahl und Darstellung der vorgestellten Referenzmodelle erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Anhand dieser Modelle werden Besonderheiten, Schwierigkeiten und Unterschiede der Dienstleistungsbeschaffung im Vergleich zur Sachgutbeschaffung erläutert. Die betrachteten Modelle werden bewertet und die Gemeinsam-

¹⁵⁷ Weitere Beschaffungsprozesse in der Literatur werden bspw. von Koppelman [Ko00], Corsten [Co90a], Wildemann [Wi00] oder Kießling [Ki99] beschrieben. Zu den Referenzmodellen, die an die Auftragsabwicklung und die Produktion gerichtet sind, zählen bspw. das *Dortmunder Prozesskettenmodell* [KP94], die *Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS)* [SC01, SJ02], das *Aachener PPS-Modell* [SG06], *Referenzarchitekturen für die Integration von Workflowmanagement- und PPS-Systemen* [Ha03b], *Referenzmodell für den Service* [Ka02b] und das *Supply-Chain-Operations-Reference-Model (SCOR-Model)* [LS04].

keiten und Schwächen aufgezeigt. Das Referenzprozessmodell für die Beschaffung industrieller Dienstleistungen wird entwickelt.

7.2.3.1 Beschaffungsprozess für Dienstleistungen der PAS 1018

In der PAS 1018 [DIN02A] wird ein strukturierter Beschaffungsprozess für Dienstleistungen vorgestellt, der die Dienstleistungsbeschaffung in 14 Beschaffungsschritte unterteilt. Das Referenzmodell gliedert die Beschaffungsprozesse in drei Phasen: „vor“, „während“ und „nach“ der Dienstleistungserbringung. Zusätzlich werden die Verantwortlichkeiten für den Beschaffungsprozess durch den Bedarfsträger oder den Einkauf bestimmt. In der ersten Phase bestehen die Schritte *Bedarfserkennung* und *-beschreibung* sowie *Kostenschätzung*. Sie liegen in der Verantwortung des Bedarfsträgers. Der Einkauf stellt eine unterstützende Funktion dar und wird bei Bedarf hinzugezogen. Nach der Auftragsvergabe erfolgt die zweite Phase der Beschaffungsaktivitäten, die während der Dienstleistungserstellung stattfinden. Die Dienstleistung wird erbracht und abgenommen. Während der *Leistungserbringung* erfolgt eine *Qualitätsbeurteilung*. Die *Leistungskontrolle* leitet zur dritten Phase über, der *Gewährleistungsphase*, und der Beschaffungsprozess endet nach Ablauf der Gewährleistungsfrist mit der Vertragserfüllung. Die einzelnen Beschaffungsschritte in Form von Teilprozessen der Dienstleistungsbeschaffung des Beschaffungsprozesses für Dienstleistungen gemäß der PAS 1018 [DIN02A] werden aufgezeigt (Abbildung 100).

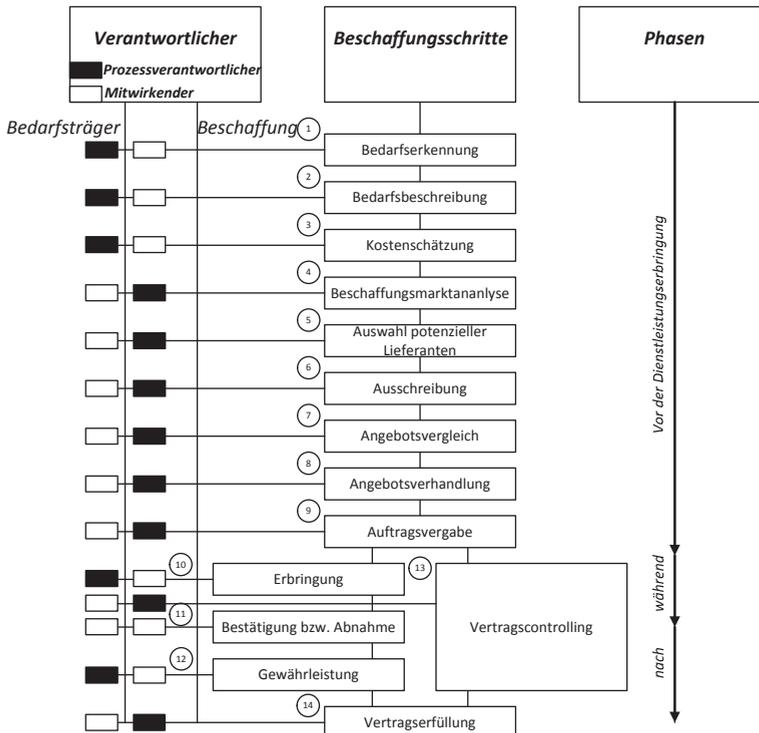


Abbildung 100: Dienstleistungsbeschaffung nach der PAS 1018 [DIN02A]

7.2.3.2 Beschaffungsprozess nach Münger und Eggel

Münger und Eggel [ME07] definieren einen Beschaffungsprozess für die Dienstleistungsbeschaffung, stellen ihn der Beschaffung von Sachgütern gegenüber und zeigen elementare Unterschiede auf (siehe Abbildung 101). Sie detektieren Abweichungen in den Prozessphasen *Leistungsbeschreibung* und *Leistungserfassung und Abnahme* zu den Prozessen in der Sachgüterbeschaffung. Die *Leistungsbeschreibung* ersetzt die *Bestandskontrolle* aufgrund der fehlenden Lagerfähigkeit von Dienstleistungen und dient als Spezifikation eines Anforderungsprofils für Dienstleistungsanbieter und des Aufgabenbereichs der Leistungen. Dieser Prozess wird durch die *Leistungsbeschreibung* ersetzt. In diesem Prozess werden das Anforderungsprofil und der Aufgabenbereich der Leistungen spezifiziert. Die Detailunterschiede lassen sich jedoch auch in anderen Prozessphasen wiederfinden. Eine *Bedarfsermittlung* von Dienstleistungen erfolgt nicht automatisiert, sondern muss geplant werden. Die *Ermittlung von Bezugsquellen*, die *Lieferantenauswahl* und der *Angebotsvergleich* sind vor allem in Bezug auf das Merkmal Qualität komplexer. Eine Auswahl erfolgt aufgrund von Erfahrungen und Referenzen eines Anbieters. Die Bestellüberwachung in der Dienstleistungsbeschaffung betrifft nicht nur die Kontrolle des Dienstleistungsanbieters, sondern auch Qualitätsanforderungen der Lieferanten der Leistung. Der *Wareneingang* entfällt in der Dienstleistungsbeschaffung, stattdessen wird eine *Kontrolle und Abnahme der Leistungen* vorgenommen. Ein wesentlicher Unterschied besteht in der Ausprägung von Leistungsergebnissen: Ein Leistungsergebnis muss nicht zwingend mit der Spezifikation im Angebot übereinstimmen. Daher werden bei der *Rechnungsprüfung* nicht nur die Auftragsdaten, sondern die realen Daten der Dienstleistungsausführung berücksichtigt. Die *Bestellüberwachung* beinhaltet bereits während der Dienstleistungsausführung die Kontrolle des Liefertermins sowie die Bewertung von Qualität, Menge und Preis. Bei der Sachgüterbeschaffung wird der Liefertermin überwacht, die Ware bei der Anlieferung im Wareneingang physikalisch geprüft. Der *Wareneingang* entfällt, da Dienstleistungen nicht physikalisch angenommen werden können. Dieser Teilprozess wird durch eine *Leistungserfassung* und eine *Leistungsannahme* ersetzt. Während Sachgüter ex ante eindeutig definiert sind und sich nach ihrer Auslieferung im Wareneingang exakt prüfen lassen, werden Dienstleistungen erst nach ihrer Erbringung (ex post) bemessen, d. h. quantitativ erfasst für die Bewertung des Ressourceneinsatzes. Die anschließende *Rechnungsprüfung* bei der Dienstleistungsbeschaffung bezieht sich zum einen auf den abgeschlossenen Vertrag, zum anderen auf die Leistungserfassung, da Menge und Preis bei der Dienstleistungsbeschaffung anfangs noch nicht bekannt sind. So werden für die Abrechnung von beschafften Dienstleistungen als Grundlage der Vertrag (inklusive der Beauftragung) und die Leistungserfassung (Aufmaß) verwendet. Demnach liegt im Gegensatz zur Materialbeschaffung keine direkte Rechnungsgrundlage auf der Basis eines Vertrags vor, sodass die quantitativen Bemessungsdaten für die Abrechnung spezifisch erfasst werden¹⁵⁸.

¹⁵⁸ In der betrieblichen Praxis werden zur Lösung dieses Problems sogenannte *Leerpositionen* definiert oder ein *Kalkulationsbudget* vergeben. Leerpositionen können vom Dienstleistungsproduzenten für die Erfassung von weiteren, nicht vorhergesehenen Leistungspositionen verwendet werden wie bspw. für eingesetzte Materialien oder Teilleistungen, die sich während der Dienstleistungsausführung ergaben. Das erweiterte Kalkulationsbudget räumt dem Dienstleistungsproduzenten einen erweiterten Spielraum bei der Gesamtpreiskalkulation ein. Eine weitere Variante bildet die sogenannte *Auftragsaufteilung* (*Order Split*).

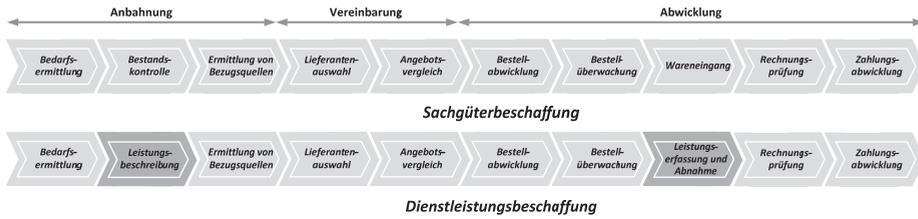


Abbildung 101: Gegenüberstellung der Beschaffungsprozesse für Sachgüter und Dienstleistungen [ME07]

7.2.3.3 Beschaffungsmodell von Ernst & Young

Eine spezifische praxisnahe Beschreibungsstruktur eines Beschaffungsmodells für Dienstleistungen wird von Ernst & Young [HRH09] skizziert. Die Abschnitte strategischer Einkauf, operativer Einkauf und Buchhaltung werden unterschieden. Dieses Modell bezieht das Kontraktmanagement in der Steuerung der Beschaffung industrieller Dienstleistungen ein. So wird bei der Bedarfsdefinition zu Beginn der Beschaffung geprüft, ob bereits ein Vertrag besteht oder ein neuer Vertragsabschluss angestrebt wird. Existiert bereits ein bestehender Vertrag, erfolgt eine Bedarfsanforderung und deren Genehmigung. Besteht kein Vertrag, wird eine Bedarfsanalyse durchgeführt, eine Beschaffungsstrategie definiert und eine Ausschreibung erstellt. Es stehen eine Lieferantenauswahl und Verhandlungen an. Nach einem Vertragsabschluss erfolgt die Umsetzung des Vertrags. Die Bestellung wird eingeleitet und nach der Leistungserbringung die Leistungserfassung vorgenommen. Auf der Basis der Leistungserfassung schließt sich die Rechnung und Rechnungskontrolle an. Der Ausgleich der Rechnung wird abschließend durch die Bezahlung geregelt (Abbildung 102).

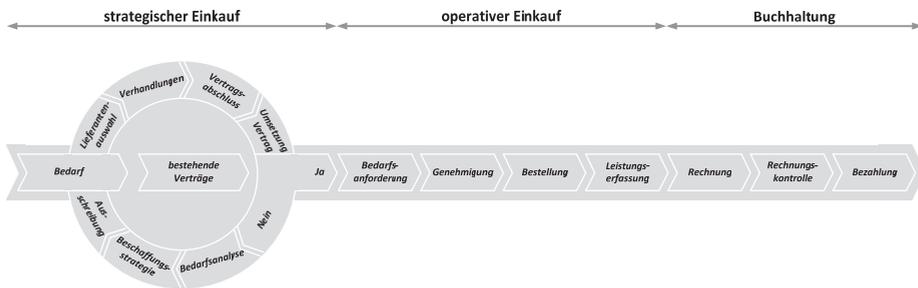


Abbildung 102: Beschaffungsmodell nach Ernst & Young [HRH09]

7.2.3.4 Grundprozess bei der Beschaffung von Dienstleistungen der SAP AG

Die SAP AG definiert einen Beschaffungsprozess von Dienstleistungen, der den eigenen Systemen zugrunde liegt (siehe Abbildung 103). Der *Grundprozess bei der Beschaffung*

Es wird ein Auftrag in getrennte Aufträge aufgeteilt. So entsteht ein sogenannter *Mutterauftrag* und ein oder mehrere *Tochteraufträge*. Der Mutterauftrag umfasst den im Auftrag definierten Leistungsumfang. Zusätzliche Leistungspositionen, die davon abweichen, werden vom Dienstleistungskonsumenten auf der Grundlage des Aufmaßes in weiteren Tochteraufträgen mit Bezug zu einem existierenden Mutterauftrag erfasst.

von *Dienstleistungen* [SAP11] durchläuft mehrere Arbeitsschritte. Zunächst wird der Bedarf von Dienstleistungen ermittelt und erfasst. Er entsteht in einer Fachabteilung des Unternehmens bzw. im Rahmen eines Projekts oder bei der Instandhaltung.



Abbildung 103: Grundprozess der Beschaffung von Dienstleistungen [SAP11]

Ein Beleg als Grundlage für den Beschaffungsprozess wird angelegt, bspw. durch eine Bestellanforderung oder einen Einkaufsbeleg (Anfrage oder Bestellung). Er enthält ein Leistungsverzeichnis, das die notwendigen Leistungen mit detaillierter Spezifikation auflistet; andernfalls wird eine Leistungsspezifikation erstellt. Mit der Bezugsquellenermittlung lässt sich ein geeigneter Anbieter für die angeforderten Leistungen auswählen. Eine Bestellanforderung wird direkt in eine Bestellung umgewandelt oder ein Bestellabruf erfolgt auf der Basis eines Rahmenvertrags. Liegt eine Bestellanforderung über Leistungen vor, die bisher noch nicht angefordert wurden, ist eine Ausschreibung durchzuführen. Bei der Bezugsquellenermittlung werden Leistungskonditionen von Lieferanten verglichen und Lieferantenquellen vorgeschlagen. In der Ausschreibung sind Anfragen angelegt und eintreffende Angebote in der Angebotserfassung aufgenommen. Nach einem Vergleich der Angebote erteilt die Auftragsvergabe einen Auftrag an einen Anbieter. Während der Leistungserbringung sind die Ist-Werte der zugrunde liegenden Bestellung permanent zu aktualisieren (Bestellüberwachung). Die erbrachten Leistungen hält ein Leistungserfassungsblatt fest. Die Leistungsabnahme prüft die Leistungen vor Ort und begutachtet sie. Abgenommene Leistungen werden berechnet und die Rechnungsprüfung kontrolliert die Rechnung des Dienstleistungsanbieters. Abschließend wird eine Zahlung veranlasst.

7.2.3.5 Einkaufsprozess für den Dienstleistungseinkauf nach Spangenberg

Spangenberg [Sp09] erstellt ein Modell für den Dienstleistungseinkauf, das sie auf der Basis der wissenschaftlichen Literatur gewinnt. Für den Dienstleistungseinkaufsprozess ergeben sich sieben Prozessschritte: *(Grob-) Definition Bedarf*, *Erstellung strukturelles Briefing*, *Vorselektion Dienstleister*, *Auswahl Dienstleister*, *Verhandlung*, *Leistungserbringung* und *Leistungscontrolling* (siehe Abbildung 104). Die sieben Prozessschritte werden auf vier Phasen (*Bedarfsfestlegung*, *Vergabe*, *Projektverlauf*, *Nachbearbeitung*) verteilt und den jeweils geeigneten Phasen untergeordnet. Für alle Prozessschritte werden Teilprozessschritte definiert. Die Phase der *Bedarfsfestlegung* dient der internen Vorbereitung für die Kontaktaufnahme zum Lieferanten. Der Bedarf wird analysiert und spezifiziert. Die

Anforderungen über Ressourcen, Kapazitäten, Inhalte und Aufgaben an den Dienstleister werden definiert.

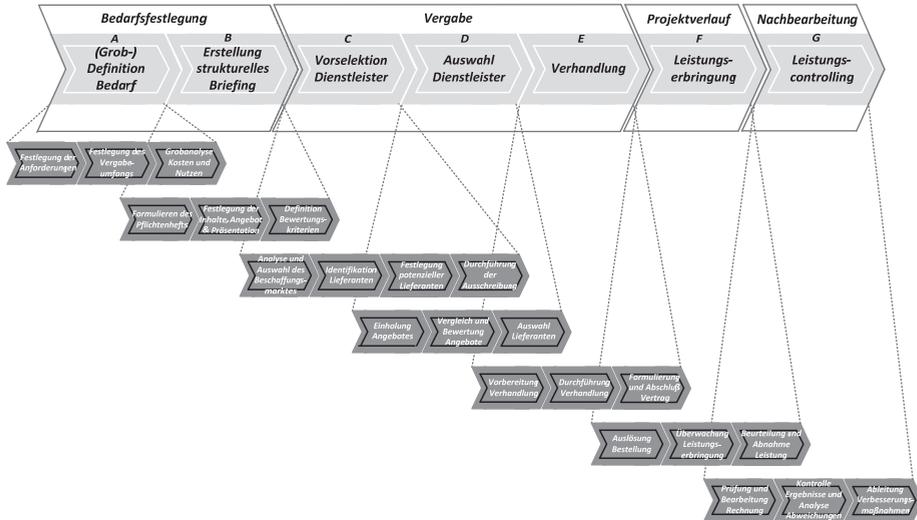


Abbildung 104: Modellbildung des Dienstleistungseinkaufs [Sp09]

In der Phase *Vergabe* selektiert und bewertet der Dienstleistungsnachfrager potenzielle Dienstleister. Eine Vertragsverhandlung wird durchgeführt und eine Auftragserteilung in der Form eines Vertragsabschlusses als Ziel gesetzt. Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager arbeiten in der Phase *Projektverlauf* zusammen. Die vierte Phase *Nachbearbeitung* übernimmt die Rechnungsbearbeitung und die Feedback-Schleifen zwischen Anbieter und Kunde, um Erkenntnisse über mögliche Verbesserungen zu gewinnen.

7.2.3.6 Bewertung und Vergleich der existierenden Modelle

Münger und Eggel [ME07] erkennen zwei elementare Abweichungen in den Prozessphasen im Vergleich der Sachgüterbeschaffung (*Bestandskontrolle* und *Wareneingang*) und der Dienstleistungsbeschaffung (*Leistungsbeschreibung* und *Leistungserfassung und Abnahme*). Weitere Detailunterschiede werden beschrieben, aber nicht im Prozessmodell abgebildet: Das Kontraktmanagement und somit eine Vereinbarungsphase zur Ausgestaltung eines Rahmenvertrags und der Bildung von Leistungsverzeichnissen sind nicht berücksichtigt. Die Grundstruktur der PAS 1018 [DIN02A] lässt ebenfalls das Kontraktmanagement außen vor. Sie bildet keine Leistungsspezifikation und Leistungserfassung ab. Der Beschaffungsprozess von Ernst & Young [HRH09] bezieht keinen Angebotsvergleich und keine Angebotsverhandlung ein. Der Grundprozess bei der Beschaffung von Dienstleistungen der SAP AG [SAP11] orientiert sich an PAS 1018 und dem Beschaffungsprozess von Ernst & Young. Details zu den Spezifikationen der Dienstleistungsbeschaffung in den einzelnen Arbeitsschritten werden beschrieben, aber nicht im Modell abgebildet. Die Modellbildung des Einkaufsprozesses für den Dienstleistungseinkauf von Spangenberg [Sp09] berücksichtigt strategische Phasen und fasst die operativen Phasen der Auftragsabwicklung in einen Prozessschritt zusammen. Die Ansätze unterscheiden sich zwar in der Anzahl und

Benennung von Prozessphasen und einzelnen Prozessen, weisen aber auf den aggregierten Ebenen für einzelne Prozesse nur geringe Unterschiede auf. Die Unterschiede liegen im Detailierungsgrad und der spezifischen Ausgestaltung einzelner Prozesse. Kein Modell bildet eine Prozessintegration von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager ab, was als Schlüsselkomponente für den industriellen Dienstleistungseinkauf angesehen wird [BBK08a, BBK+09, BN06]. Bis auf den Ansatz von Spangenberg werden weder hierarchische noch modulare Strukturen in den Modellen berücksichtigt. Alle Modelle gehen von einem sequentiellen Prozessablauf des operativen Einkaufs aus ohne Zyklen oder Rückkopplungen. Nur das Beschaffungsmodell von Ernst & Young sieht einen Zyklus für das Kontraktmanagement vor. Der Grundprozess der Dienstleistungsbeschaffung der SAP AG beschreibt den gesamten Beschaffungsprozess als Zyklus. Prozessvarianten bzw. dienstleistungsspezifische Prozessabläufe der industriellen Dienstleistungsbeschaffung (Auftragstypen) werden nicht modelliert. Die Beziehungen von Prozess- und Datenstrukturen zwischen einzelnen Prozessschritten und Phasen sind nicht explizit abgebildet. Keine spezifischen Schnittstellen in der Dienstleistungsbeschaffung werden beschrieben. Zudem sind keine Geschäftsdokumententypen abgebildet. Die existierenden Referenzmodelle bieten keine Unterstützung für die Behandlung von Ausnahmen, die sich im Prozessablauf ergeben könnten. Keines der vorgestellten Modelle ist in der Lage, als Referenzinformationsmodell zur Vorlage von Prozessimplementierungen in betrieblichen Informationssystemen zu dienen. IT-spezifische Anforderungen können nicht abgeleitet werden. Die Modelle sind zudem informell beschrieben und ermöglichen keine Bildung konkreter Geschäftsprozessmodelle. Die Untersuchung der darauf basierenden, ablauffähigen Geschäftsprozesse und der Analysen erübrigt sich. Die jeweiligen Stärken und Schwächen der Referenzmodelle werden zusammengefasst und dem zu entwickelnden Referenzprozessmodell *RPSP* gegenübergestellt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Stärken und Schwächen der existierenden Referenzmodelle

Anforderungen	Referenzmodelle					
Legende:	Beschaffungsprozess für Dienstleistungen PAS 1018	Beschaffungsprozess nach Minger und Eggel	Beschaffungsmodell von Ernst & Young	Grundprozess bei der Beschaffung von Dienstleistungen der SAP AG	Einkaufsprozess für den Dienstleistungseinkauf nach Spangenberg	Referenzprozessmodell RPSP
● : erfüllt						
◐ : bedingt erfüllt						
○ : nicht erfüllt						
⊙ : nicht relevant						
<i>Referenzprozessmodell i.S. eines Informationsmodells</i>	◐	○	◐	◐	◐	●
<i>hierarchische Struktur</i>	○	○	○	○	◐	●
<i>formales Modell</i>	○	○	○	○	○	●
<i>Datenstrukturen</i>	○	○	◐	○	○	●
<i>Berücksichtigung von Dienstleistungsbeschaffungstypen</i>	○	○	○	○	○	●
<i>Zyklen</i>	○	○	●	●	○	●
<i>Ausnahmebehandlung</i>	○	○	○	○	○	◐
<i>Beschreibung von Schnittstellen</i>	○	○	○	○	○	●
<i>Unterstützung von Ablaufanalysen</i>	○	○	○	○	○	●
<i>Praxiserfahrung</i>	◐	◐	◐	●	◐	◐
<i>Kontraktmanagement</i>	○	○	●	●	○	●
<i>Unterstützung von Dienstleistungsbeschaffungsphasen</i>	●	●	●	●	◐	●

7.3 Referenzprozessmodell für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung

Das Referenzprozessmodell für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung (*Reference Process Modell for Service Procurement (RPSP)*) wird in der Arbeit neu entwickelt. Es dokumentiert unabhängig von einem Einzelfall eine generische Lösung für die Prozessgestaltung in der Dienstleistungsbeschaffung und unterstützt die Prozessintegration von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern. Das Ziel der Entwicklung des Referenzprozessmodells ist die Abbildung der verschiedenen Dienstleistungsbeschaffungstypen mit *spezifischen Prozessphasen* und Serviceprozessen sowie die Darstellung von *Schnittstellen und deren Beschreibung durch spezifische Geschäftsdokumententypen* für die Beschaffung industrieller Dienstleistungen [HMS+09, HWR+10]. Das Referenzprozessmodell dient als Vorlage für die Modellierung konkreter Geschäftsprozessmodelle mit detaillierten Abläufen. Die Instanziierung ermöglicht die inhaltlich freie Erweiterung von generisch formulierten Modellelementen und ermöglicht Gestaltungsfreiheiten für Fachanwender und Modellierer. Nach Österle [Ös95a, Ös95b] werden Anforderungen an ein Referenzmodell durch die Anwendung von Modellierungstechniken für den Systementwurf unterstützt. Das Referenzprozessmodell dient der Unterstützung der prozessorientierten Metaisierung von Serviceprozessmodellen, die domänenspezifische Metamodellerweiterung für die Identifizierung von Serviceobjekten und der Unterstützung ihrer sprachbasierten Metaisierung. Das Referenzprozessmodell steht dem Funktionsentwurf zu Verfügung, erkennt und beschreibt Geschäftsfunktionen, die durch Geschäftsprozesse unterstützt werden. Das Metamodell dient der Gestaltung des Datenentwurfs und identifiziert, welche Daten verarbeitet werden. Geschäftsobjekte, Entitätstypen und Attribute der Entitätstypen werden bestimmt. Der Geschäftsprozessentwurf bildet den Kern der Referenzprozessmodellierung und beschreibt die Ablauforganisation (Prozessgestaltung) in der Anwendung. Das entwickelte Referenzprozessmodell beschreibt Geschäftsprozesse auf allen Hierarchieebenen. Aufgabenträger sind Organisationseinheiten oder betriebliche Informationssysteme. Ein im Verlauf des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts entwickeltes Referenzprozessmodell wird in dieser Arbeit aufgegriffen und weiterentwickelt [HSW11, HW10b, WHS11]. Das Referenzprozessmodell entspricht einem konzeptionellen *Referenzinformationsmodell*¹⁵⁹ und modelliert und harmonisiert betriebliche Abläufe in der Beschaffung von Dienstleistungen zwischen Unternehmen. Es dient als Bezugsrahmen für die Identifikation von Dokumenten für die Modellierung von Prozessobjekten in Geschäftsprozessen (Kapitel 6) sowie dem konzeptionellen Design von Schnittstellen in betrieblichen Informationssystemen (Kapitel 9).

¹⁵⁹ In der Literatur werden unterschiedliche Definitionen eines *Referenzinformationsmodells* vorgeschlagen. Grundsätzlich existieren zwei unterschiedliche Ansätze zu der Differenzierung der Modellarten. Während in der Regel eine Klassifikation in Vorgehens-Referenzmodelle, branchenspezifische Referenzmodelle und softwarespezifische Referenzmodelle erfolgt, distanziert sich der zweite Ansatz von der Verwendung der Branche als Klassifizierungskriterium, weil ein Referenzmodell a priori ein klassenspezifisches Modell und damit branchenunabhängig ist. Deshalb unterscheidet der zweite Ansatz Vorgehens-Referenzmodelle, Referenz-Anwendungssystemmodelle und Referenz-Organisationsmodelle (vgl. [FBM+98, Ha94, Sc98, Sc00c]).

7.3.1 Prozessphasen und Prozessschnittstellen

Prozessphasen betrieblicher Abläufe in der Dienstleistungsbeschaffung werden von der Definition vertraglicher Grundlagen bis zur Abrechnung der ausgeführten Dienstleistungen betrachtet. Die Beschaffung von Dienstleistungen ist durch spezifische Prozessphasen charakterisiert und strukturiert. An diesen Phasen beteiligen sich kollaborativ involvierte Organisationen. Geschäftsprozesse, Teilprozesse und Prozessaktivitäten werden einer Prozessphase zugeordnet. In der industriellen Dienstleistungsbeschaffung lässt sich innerhalb und zwischen diesen Prozessphasen eine Vielzahl innerbetrieblicher und überbetrieblicher Koordinationspunkte zwischen Organisationen feststellen. Die Interaktion von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfrager wird über Koordinationspunkte als Schnittstellen vorgenommen. Diese *Prozessschnittstellen* sind ein zentraler Untersuchungsgegenstand für die Analyse von Informationssystemen, da sich an ihnen die gesamte Interaktion verdichtet [BS06a]. Durch eine Reduktion bzw. eine effiziente Gestaltung dieser Schnittstellen werden Fehler in der Ausführung von Geschäftsprozessen wie Übertragungsfehler durch Medienbrüche verringert [Ga07]. Eine Schnittstelle kennzeichnet die von allen Akteuren geteilte und verstandene Repräsentation der auszutauschenden Informationsobjekte. Die syntaktische und semantische Interoperabilität ist gewährleistet. Schnittstellen werden als Mensch-Maschine-Schnittstelle oder Maschine-Maschine-Schnittstelle verstanden [Hu04b]. Sie dienen der Aufspaltung von Systemen in Subsysteme sowie der Zusammenführung von multiplen Systemen zu einem Systemverbund [Ze86]. Die DIN definiert eine Schnittstelle als „*System von Bedingungen, Regeln und Vereinbarungen*“ zur Kommunikation von Systemen [DIN87a]. Der Austausch von Daten/Informationen zwischen Systemen ist ein charakteristisches Merkmal von Schnittstellen. Betriebliche Schnittstellen werden nach Aufgabenphasen, den auszutauschenden Elementen (Objekten) und nach Aufgabenträgern unterschieden [Br90, FS01]. Die in der Arbeit betrachteten Schnittstellen lassen sich durch die Austauschbeziehung von Informationen bzw. Daten differenzieren und koordinieren den Datenfluss. Im Kontext der elektronischen Beschaffung industrieller Dienstleistungen sind Datenflüsse von besonderer Bedeutung, da die gesteuerte Nutzung von Datenflüssen die Koordination von Geschäftsprozessen unterstützt [Kr92]. Nach Striening [St91] stellen Schnittstellen in Geschäftsprozessen prozessinterne und prozessübergreifende Beziehungen dar. Prozessinterne bzw. unternehmensinterne (Prozess-) Schnittstellen bauen Beziehungen zwischen internen Geschäftsprozessen und prozessübergreifenden bzw. unternehmensübergreifenden Schnittstellen zwischenbetrieblicher Geschäftsprozesse auf. Zur Betrachtung von Informationssystemen in Unternehmen sind Schnittstellen differenziert aufgestellt. Nach Werth [We06b] werden betriebliche Schnittstellen in *Unternehmens-Schnittstellen* und *Informationssystem-Schnittstellen* eingeteilt (siehe Abbildung 105). Eine *Prozessschnittstelle* ist durch die Dimensionen *Aufgabenphasen*, *Aufgabenobjekte* und *Aufgabenträger* gekennzeichnet [FS01]:

- *Aufgabenphasen* dienen der vertikalen Einordnung betrieblicher Tätigkeiten und differenzieren zwischen leistungserbringenden *Leistungssystemen* und planendsteuernden *Lenkungssystemen*. In Leistungssystemen werden Elemente ausgetauscht in Form von Material, Informationen oder Energie. Lenkungssysteme verweisen auf Systemelemente mit historischem Charakter. Prozessschnittstellen un-

terscheiden sich durch Leistungsphase und Leitungsphase. Sie werden durch die Interaktionen zwischen zwei lenkenden Systemen (*Planung*), zwischen lenkendem und zu lenkendem System (*Lenkung*) und zwischen zwei leistungserbringenden Systemen (*Leistung*) differenziert (vgl. Prozesskategorien der Produktionsprozesse, Unterstützungsprozesse und Managementprozesse [AH04]).

- *Aufgabenobjekte* werden nach Art der ausgetauschten Objekte in Material-, Informations- und Energiefluss-Schnittstellen unterteilt [Fe80]. Der Materialfluss beschreibt materielle Realgüter und Nominalgüter, der Informationsfluss die Austauschbeziehung von Informationen. Der Informationsinhalt und der Informationsträger werden spezifiziert. Die inhaltliche Beschreibung umfasst Art, Qualität und Format der Information. Im Vordergrund steht die Nutzung von Informationsflüssen zur Koordination von Geschäftsprozessen [SK93].
- *Aufgabenträger* bezeichnet eine Interaktionsform von menschlichen Akteuren mit Informationssystemen [A197]. Prozessschnittstellen werden nach den Beziehungskonstellationen *Maschine-Maschine*, *Mensch-Mensch* und *Mensch-Maschine* unterschieden.

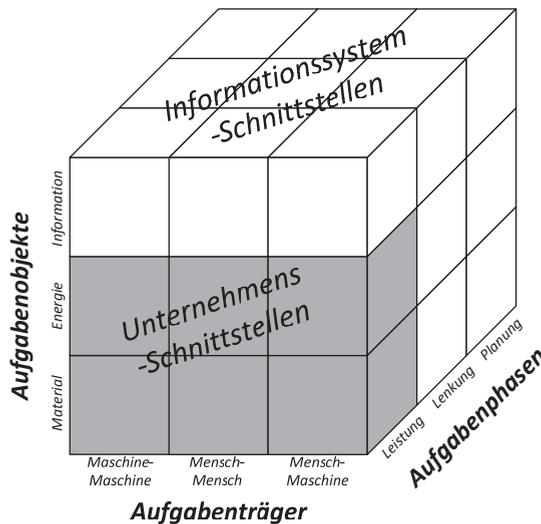


Abbildung 105: Dimensionen von Schnittstellen [We06b]

In Geschäftsprozessen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden an den überbetrieblichen Schnittstellen Daten und Dokumente ausgetauscht. Die Schnittstellen in den Prozessphasen sind *überbetriebliche kollaborative Schnittstellen* zwischen den Prozessteilnehmern. Sie sind entscheidend für Effizienz, Effektivität und Performanz der Kollaboration und Interaktion von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern in den Geschäftsprozessen (siehe Abbildung 106). Überbetriebliche Schnittstellen zwischen Prozessphasen sind durch spezifische *Dokumentschnittstellen* und *überbetriebliche Systemschnittstellen* ausgestaltet. Überbetriebliche Systemschnittstellen dienen auch dem systemübergreifenden Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen von Dienstleistern und Kunden. Die Ausgestaltung dieser Schnittstellen ist ein Maß der Leistungsfähigkeit überbetrieblicher Geschäftsprozesse zur Abwicklung von Dienstleistungen. *Innerbetriebliche*

che Schnittstellen stellen Schnittstellen innerhalb der jeweiligen Unternehmen dar und sind zumeist proprietär durch Informationssysteme ausgestaltet. Innerbetriebliche Schnittstellen können individuell durch einzelne Unternehmen entwickelt oder standardisiert durch den Einsatz von Informationssystemen erstellt sein. Schnittstellen zwischen internen betrieblichen Informationssystemen werden als *innerbetriebliche Systemschnittstellen* bezeichnet. Sie unterstützen den systemübergreifenden Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen von Dienstleistern und Kunden. In der industriellen Dienstleistungsbeschaffung mangelt es an einer *Harmonisierung* von Schnittstellen, was zu Problemen im betrieblichen Ablauf führt. Im Rahmen der Entwicklung des Referenzprozessmodells sowie der integrierten Modellierungsmethode werden Prozessphasen als *Serviceprozessphasen* bezeichnet.

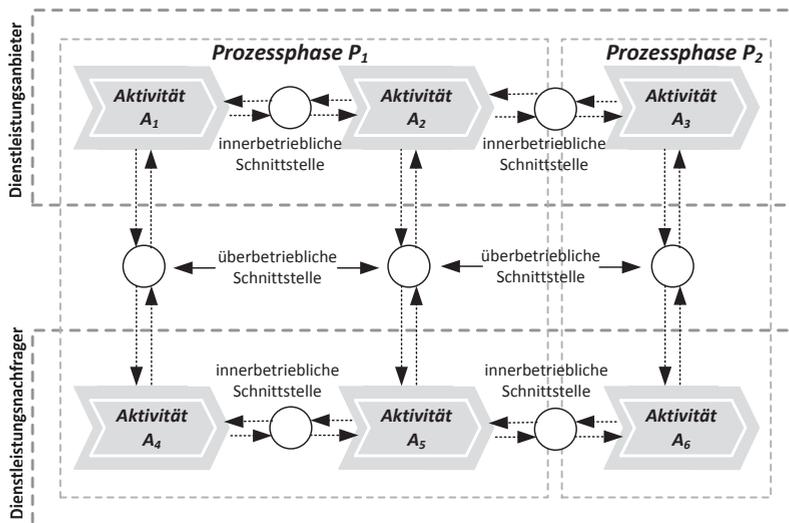


Abbildung 106: Prozessphasen und inner- und überbetriebliche Schnittstellen in Geschäftsprozessen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung

7.3.2 Dienstleistungsbeschaffungstypen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung

Das Referenzprozessmodell unterstützt elementare Prozessabläufe für spezifische Dienstleistungsbeschaffungstypen (DT_i) der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Modellinstanzen, die im Sinne des prozessbasierten Metaisierungsprinzips vom Referenzprozessmodell abgeleitet sind, werden in dieser Arbeit als *Dienstleistungsbeschaffungstypen* (DT_i) definiert:

Definition 7.3: *Dienstleistungsbeschaffungstyp* (DT_i)

Ein *Dienstleistungsbeschaffungstyp* ist ein vordefiniertes Geschäftsprozessmodell, das eine spezifische Ausprägung eines betrieblichen Ablaufs in der Beschaffung von Dienstleistungen (*Prozessablaufstyp*) darstellt. Ein Dienstleistungsbeschaffungstyp kann als Subprozess in das Referenzprozessmodell integriert werden.

Prozessablaufstypen in der Dienstleistungsbeschaffung sind durch die Beziehung *Dienstleistungsanbieter-Dienstleistungsnachfrager* sowie durch das Beschaffungsobjekt *Dienstleistung* und sein Bereitstellungsprinzip (*Dienstleistungsausführung*) charakterisiert (in Anlehnung an [La09]). Ein Dienstleistungsbeschaffungstyp startet mit einem Dienstleistungsbedarf, wird über Prozessphasen und den korrespondierenden Daten- und Dokumentenaustausch definiert und berücksichtigt unterschiedliche Prozessphasen. Durch Dienstleistungsbeschaffungstypen lassen sich Auswahl und Reihenfolge der Prozessphasen bestimmen. Im Rahmen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung von Instandhaltungsdienstleistungen werden die folgenden Dienstleistungsbeschaffungstypen unterschieden:

- ***DT₁: Es ist ein geplanter Bedarf einer Dienstleistung erforderlich und es existiert keine Rahmenvertragsvereinbarung.***

Eine industrielle Dienstleistung wird erstmalig *einmalig* oder *wiederholt* benötigt. Erstmalig bedeutet, dass über die Ausführung einer industriellen Dienstleistung bisher kein Rahmenvertrag abgeschlossen wurde. Dieser Prozessverlauf findet Anwendung bei der Beschaffung von Dienstleistungen, für die kein Rahmenvertrag abgeschlossen werden soll, sowie bei der Beschaffung wiederkehrender Dienstleistungen, für die in der Praxis in aller Regel ein Rahmenvertrag abgeschlossen wird. Werden die Dienstleistungen nur einmal benötigt, ist nur ein Leistungsverzeichnis erforderlich, werden sie wiederholt beansprucht, liegt ein Rahmenvertrag vor. Bei einer erneuten Beschaffung der Dienstleistung erübrigt sich ein Angebot.

- ***DT₂: Es ist ein ungeplanter Bedarf einer Dienstleistung erforderlich und es existiert keine Rahmenvertragsvereinbarung.***

Bei einer ungeplanten Dienstleistung handelt es sich um ein Beschaffungsobjekt einer Dienstleistung, die so noch nicht beschafft und deren Bedarf nicht vorhergesehen wurde. Oder es wurde ein neuer Bedarf erkannt, jedoch nicht rechtzeitig durch strategische Maßnahmen umgesetzt. Ohne existierende Rahmenvertragsvereinbarung für diese ungeplante Dienstleistung besteht dennoch eine Kunden-Lieferanten-Beziehung aufgrund bereits erfolgter Beschaffungsvorgänge oder einer tatsächlichen Rahmenvertragsvereinbarung, die diese Dienstleistung noch nicht erfasst. Es müssen Angebote eingeholt und eine Lieferantenauswahl durchgeführt werden. Bei diesen Beschaffungsvorgängen handelt es sich um modifizierte Wiederholungskäufe.

- ***DT₃: Es ist ein geplanter Bedarf an einer Dienstleistung¹⁶⁰ erforderlich und es existiert eine Rahmenvertragsvereinbarung.***

Eine geplante Dienstleistung liegt vor, wenn eine routinemäßig in einem bestimmten Intervall anfallende industrielle Dienstleistung erbracht wird. Es besteht eine funktionierende Kunden-Lieferanten-Beziehung und die Beziehungen sind auf rechtlicher, informatorischer, logistischer und finanzieller Ebene aufgebaut. Dieser Prozessverlauf umfasst alle präventiven sowie zustandsorientierten Strategien [RMM09]. Da bereits ein Rahmenvertrag vorliegt, sind Details bereits festgelegt, wie z. B. das Objekt, an dem die Dienstleistung auszuüben ist, oder ein Ausführ-

¹⁶⁰ Im Rahmen einer geplanten Instandhaltung als industrielle Instandhaltungsdienstleistung sind alle präventiven sowie zustandsorientierten Instandhaltungsstrategien erfasst [RMM09].

rungsintervall. Ein vorliegender Rahmenvertrag regelt Preise, Konditionen, Lieferzeiten und Bestellmengen. Dieser Prozessablauf impliziert einen Standardfall, der auf Wiederholungskäufen beruht. Wird ein solcher Standardprozessablauf im operativen Einkauf nicht genutzt, bietet sich *Maverick-Buying* an. Ein Abruf einer Dienstleistung erfolgt im Prozess der Ausführungsphase.

- **DT₄: Es ist ein ungeplanter Bedarf einer Dienstleistung¹⁶¹ erforderlich und es existiert eine Rahmenvertragsvereinbarung.**

Ein Rahmenvertrag über die benötigte, ungeplante industrielle Dienstleistung existiert, sodass bei diesem Prozessverlauf die Auswahl eines geeigneten Dienstleistungsanbieters sowie die Angebotsverhandlung mit ihm nicht mehr erforderlich sind. Diese Prozessphasen werden übergangen. Nach erfolgter Bedarfsanforderung im Serviceprozess der Anforderungsphase schließt sich direkt die Auftragsphase an. Die Beschaffung einer ungeplanten Dienstleistung wird durch ein bestimmtes Ereignis (wie ein defektes Gerät oder eine Störung) ausgelöst. Unter diese Kategorie fallen bspw. alle reaktiven Instandhaltungsstrategien [RMM09].

*Dienstleistungsauftragstypen*¹⁶² werden durch Dienstleistungsbeschaffungstypen charakterisiert. So lassen sich bspw. in der Beschaffung von industriellen Instandhaltungsdienstleistungen die *Einzelmaßnahme*, der *Kleinauftrag* und das *Projekt* unterscheiden (siehe Kapitel 9). Die Beschaffung einer *Einzelmaßnahme* sieht eine einfache industrielle Dienstleistung vor, die maximal zwei Teildienstleistungen einschließt. Ein *Kleinauftrag* besteht aus mehreren Teildienstleistungen, die miteinander in Beziehung stehen und eine Dienstleistung im Ganzen beschreiben. Ein *Projekt* umfasst die Beschaffung von komplexen Dienstleistungen, die jeweils aus mehreren Teildienstleistungen bestehen.

7.3.3 Modellierung des Referenzprozessmodells

Das Referenzprozessmodell dient der Modellierung für das Design von Informationssystemen für die dienstleistungsorientierte Beschaffung. Inner- und überbetriebliche Schnittstellen werden explizit berücksichtigt. Die Strukturierung verschiedener Anforderungen an Referenzmodelle verlangt Teilmodelle, die in ein Gesamtmodell integriert werden. Der Prozessentwurf umfasst acht Prozessphasen (*Serviceprozessphasen*), die durch Prozesse (*Serviceprozesse*) in einer hierarchischen Struktur modelliert werden. Die einzelnen Serviceprozessphasen des Referenzprozessmodells bilden aggregierte Serviceprozesse als vergrößerte Aktivitäten bzw. Transitionen (siehe Abschnitt 3.2.1.2) ab, deren Geschäftsprozessmodelle (*Serviceprozessmodelle*) verfeinert modelliert und beschrieben werden. Das Referenzprozessmodell modelliert zwei Modellierungsebenen:

- Die Modellierungsebene E_0 wird durch acht Serviceprozessphasen und ihren Beziehungen zueinander (durch Prozessschnittstellen) beschrieben. Die Serviceprozessphasen von E_0 bilden Vereinbarung *VB* (*Bestimmung und Definition eines*

¹⁶¹ Bspw. erfolgt bei industriellen Instandhaltungsdienstleistungen eine ungeplante Instandsetzung ausfall- bzw. ereignisabhängig, zum Beispiel in Folge einer Störung oder eines Defekts [FMS09].

¹⁶² Ein *Dienstleistungsauftragstyp* ist ein *Auftragstyp*. Er wird als Vorlage für Kundenaufträge verstanden. Auftragstypen definieren und steuern unterschiedliche Prozessabläufe und Datenflüsse [SV11].

Leistungsverzeichnisses und Vertragsgrundlagen), *Anfrage AF (Leistungsspezifikation und Angebotsanfrage)*, *Angebots AG (Angebotsanfrage und Verhandlung)*, *Auftrag AT (Beauftragung und Bestätigung)*, *Ausführung AS (Erbringung der Leistung)*, *Aufmaß AM (Leistungserfassung)*, *Abnahme AB (Prüfung der erbrachten Leistungen)* und *Abrechnung AR (Rechnungserstellung und Bezahlung)*. Die Modellierungsebene E_0 bildet die Beziehungen aller Serviceprozessphasen der unterschiedlichen Dienstleistungsbeschaffungstypen auf oberster Abstraktionsebene ab. Alle Teilmodelle und deren Zusammenhänge werden in ein Gesamtmodell integriert.

- Auf der Modellierungsebene E_1 sind die einzelnen Serviceprozessphasen durch Serviceprozesse detailliert beschrieben.

Die Modellierungsebene E_0 modelliert aggregierte Serviceprozessphasen, die je nach Instanzierung einer Geschäftsprozessinstanz unterschiedlich choreographiert [HKT08] werden (siehe Abbildung 107). Auf der Modellierungsebene E_1 lassen sich die einzelnen Serviceprozesse durch Serviceprozessphasen modellieren. Die Aktivitäten der Serviceprozesse sind durch aggregierte Aktivitäten (vergrößerte Transitionen) beschrieben für die weitere Verfeinerung durch Subserviceprozesse. Die Ebene der Subserviceprozesse ist nicht im Referenzprozessmodell modelliert, da sie individuell gemäß der individuellen Prozessabläufe der Unternehmen durch den Modellierer abgebildet wird. Die Modellierungsebenen des Referenzprozessmodells sind im Prozessentwurf durch die Modellierung von Petri-Netzen spezifiziert. Petri-Netze erfüllen weitestgehend die sprachlichen Anforderungen an das Referenzprozessmodell. Das Referenzprozessmodell setzt das Vorgehen der schrittweisen Verfeinerung von Geschäftsprozessmodellen auf der Basis des *Top-Down-Ansatzes* um. Komplexe Serviceprozessphasen werden auf der höheren Abstraktionsstufe (E_0) erfasst und im Rahmen einer Verfeinerung als Geschäftsprozessmodell auf der nächst niedrigeren Abstraktionsstufe modelliert (E_1). In den korrespondierenden Petri-Netz-Modellen werden die Serviceprozessphasen auf der Modellierungsebene E_0 als Transitionen mit einem zusätzlichen Balken auf der rechten und linken Seite als vergrößerte Transition grafisch visualisiert. Vergrößerte Transitionen lassen sich zu transitionsberandeten Subnetzen verfeinern. Die Semantik der Stellen im Vor- und Nachbereich von vergrößerten Transitionen (eingehende und ausgehende Stellen) ergibt sich in Abhängigkeit des implementierten Serviceprozesses (Serviceprozessmodelle der Serviceprozessphasen). Marken (*Token*) zur Modellierung des Datenflusses werden nicht modelliert. Alle Aktivitäten auf der Modellierungsebene E_1 sind vergrößerte Transitionen und lassen sich so adäquat visualisieren. Sie werden durch detailliertere Subserviceprozesse beschrieben. Das Referenzprozessmodell berücksichtigt nicht weiter die Subserviceprozesse, da sie individuell ausgestaltet sind und nicht vereinheitlicht werden. Auf der Basis der fachlichen Anforderungen wird das Referenzprozessmodell konkret ausgestaltet. *Leistungsverzeichnis* und *Rahmenvertrag* bilden in den Petri-Netzen zentrale Stellen, die in mehreren Serviceprozessphasen verwendet werden. Sie sind mit bidirektionalen Kanten für den Lese- und Schreibzugriff versehen.

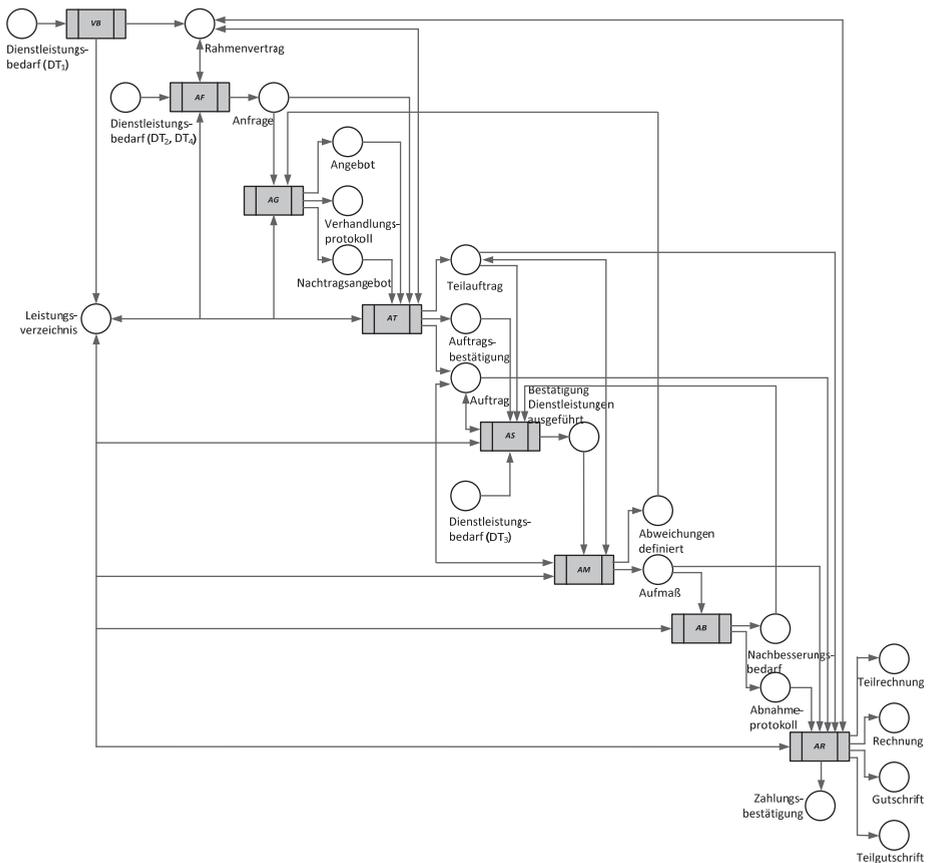


Abbildung 107: Modellierungsebene E_0 des Referenzprozessmodells

Eine Harmonisierung der Leistungsbeschreibungen und Rahmenvertragsstrukturen für Syntax und Semantik ermöglicht eine gemeinsame Verwendung durch die beteiligten Kollaborationspartner. Die Stellen *Dienstleistungsbedarf* (DT_1) - *Dienstleistungsbedarf* (DT_4) bilden den jeweiligen Einstiegspunkt der Dienstleistungsbeschaffungstypen. Das Referenzprozessmodell berücksichtigt strategische und operative Serviceprozessphasen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Das Modell bildet die Grundlage für beschaffungsorientierte Geschäftsprozesse und die damit verbundene elektronische Abwicklung der dienstleistungsorientierten Beschaffung. Das Ziel ist die Entwicklung einer (weitgehend) automatisierten, elektronischen Dienstleistungsbeschaffung mit einem durchgängigen, einheitlichen Geschäftsverkehr der elektronischen Abbildung und Beschreibung von Dienstleistungen in betrieblichen Informationssystemen.

7.3.4 Modellierung von Serviceprozessmodellen der Serviceprozessphasen

Es werden die Serviceprozessmodelle der Serviceprozessphasen mit In- und Outputgrößen sowie Prozessschnittstellen auf der Modellierungsebene E_1 , die zu nachfolgenden Subserviceprozessen überführen, beschrieben und durch Petri-Netze modelliert.

7.3.4.1 Serviceprozessmodell Vereinbarungsphase VB

In der *Vereinbarungsphase* werden zwischen einem Dienstleistungsanbieter und einem Dienstleistungsnachfrager ein Rahmenvertrag und ein Leistungsverzeichnis verhandelt und erstellt. Für einen langfristig bestehenden Dienstleistungsbedarf erfolgt die Suche nach geeigneten Dienstleistungsanbietern. Die Beschaffungsmarktanalyse und die Auswahl an potentiellen Lieferanten sind die originären Aufgaben der Einkaufsabteilung. Aus einer Menge der geeigneten Dienstleistungsanbieter wird eine Auswahl getroffen, eine vertragliche Kooperation vereinbart und ein Leistungsangebot als Portfolio von angebotenen Dienstleistungen definiert. Die vertragliche Kollaboration ist durch einen Rahmenvertrag geregelt, der als Grundlage dient. Ein Rahmenvertrag ist dabei „eine auf Langfristigkeit ausgelegte individuelle Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern und bildet die Grundlage für konkrete wiederkehrende Bestellungen innerhalb einer definierten und auf die Zukunft gerichteten Planperiode“ [KR06]. Das Leistungsportfolio wird in einem Leistungsverzeichnis definiert und gemeinsam von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager verhandelt und beschrieben (siehe Abbildung 108). In der Vereinbarungphase bildet ein Dienstleistungsbedarf den Einstiegspunkt (Input) für den Prozessablauf des Dienstleistungsbeschaffungstyps DT_1 .

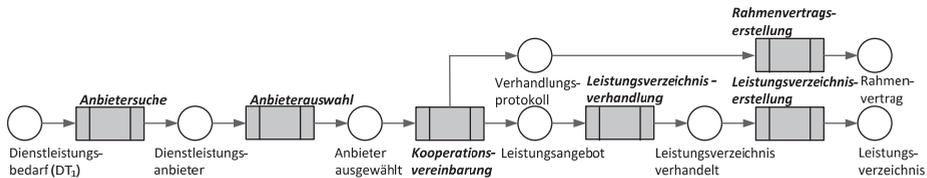


Abbildung 108: Vereinbarungsphase VB

Die Erstellung eines Rahmenvertrags sowie eines darauf basierenden Leistungsverzeichnisses bilden den möglichen Output der Serviceprozessphase VB. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse der Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind in der Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Vereinbarungphase VB

Aktivität	Prozessbeschreibung
Anbietersuche	Um einen Bedarf an Dienstleistungen zu decken, werden Dienstleistungsanbieter gesucht. Die Anbietersuche erfolgt über eine Ausschreibung des Bedarfs oder über eine gezielte Suche nach möglichen Anbietern.
Anbieterauswahl	Ein oder mehrere geeignete Anbieter werden ausgewählt. Wichtige Kriterien für die Auswahl eines Dienstleistungsanbieters sind seine Qualifizierung, Service Level-Vereinbarungen, Vorerfahrungen und auch die organisatorische und systemtechnische Integration.
Kooperationsvereinbarung	Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager treffen eine Kooperationsvereinbarung. Genaue Rahmenbedingungen einer Kollaboration sowie das Leistungsportfolio werden definiert.
Leistungsverzeichnisverhandlung	Auf der Basis des Leistungsportfolios wird ein Leistungsverzeichnis verhandelt. Komplexe Dienstleistungen werden bestimmt, die Stundenanzahl von Leistungspositionen, Preise, Mitarbeiterqualifikationen etc. festgelegt.
Leistungsverzeichniserstellung	Die Beschreibung von Leistungspositionen dokumentiert das Leistungsverzeichnis. Die Leistungsbeschreibung kann auch in Produktkatalogen erfolgen. Alle verwendeten Dokumententypen und alle Schnittstellenbeschreibungen enthalten eine Leistungsbeschreibung oder einen Verweis.
Rahmenvertragerstellung	Der Rahmenvertrag beschreibt die zugrunde liegenden vertraglichen Bedingungen und verweist auf ein zugehöriges Leistungsverzeichnis. Spezifische

Aktivität	Prozessbeschreibung
	Vereinbarungen wie Service Level, Vertragslaufzeiten, Konditionen und Bedingungen werden festgehalten.

7.3.4.2 Serviceprozessmodell Anfragephase AF

Die operative Beschaffung wird durch einen konkreten Bedarf an bestimmten Beschaffungsobjekten initiiert und ist in einer bestimmten Frist durchzuführen. Diese Fristen sind von den einzelnen Beschaffungsobjekten und von dem gewählten Bereitstellungsprinzip abhängig. Auf der Basis eines Servicevertrags und eines Leistungsverzeichnisses wird ein konkreter Bedarf an Dienstleistungen des Dienstleistungsnachfragers bestimmt (*Anfragephase*). Für die Dienstleistungsbeschaffung entfällt die Bestandskontrolle, da Dienstleistungen nicht lagerfähig sind. Diesen Prozess ersetzt die Leistungsbeschreibung. Den Bedarf erstellt eine Leistungsbeschreibung durch eine eigene interne Abteilung als ein individuelles Leistungsverzeichnis und bestimmt ihn exakt. Der zuständige Bedarfsträger¹⁶³ spezifiziert die benötigten Dienstleistungen und das Objekt, an dem die Dienstleistungen auszuführen sind. So erfolgen erste Kostenschätzungen in dieser Serviceprozessphase. Für komplexere und größere Volumina an Dienstleistungen werden alternativ externe Dienstleister wie Planungsbüros beauftragt, Leistungsbeschreibungen zu definieren. Auf der Grundlage von Leistungsbeschreibungen werden im Rahmen von Ausschreibungen Anfragen (individuelles Leistungsverzeichnis mit ergänzenden Angaben, wie bspw. Fristen) an potenzielle Dienstleistungsanbieter gestellt, um Angebote einzuholen. Ein Dienstleistungsbedarf in der Anfragephase bildet den Einstiegspunkt für den Prozessablauf des Dienstleistungsbeschaffungstyps DT_2 (siehe Abbildung 109).

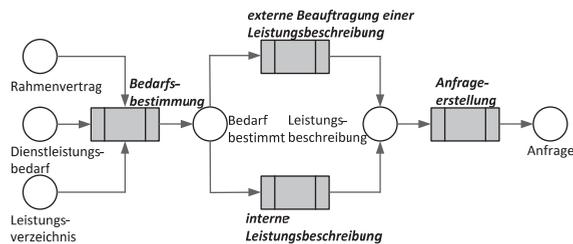


Abbildung 109: Anfragephase AF

Ein Dienstleistungsbedarf, ein Leistungsverzeichnis und ein Rahmenvertrag bilden den möglichen Input, die Erstellung einer Anfrage den möglichen Output der Serviceprozessphase AF. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind bereits aufgeführt (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Anfragephase AF

Aktivität	Prozessbeschreibung
Bedarfsbestimmung	Die Beauftragung von Leistungen beginnt mit der Anfragephase. Auf der Basis eines individuellen Dienstleistungsbedarfs wird eine konkrete Bedarfsbestimmung vorgenommen und Leistungspositionen werden definiert. Anfor-

¹⁶³ Der *Bedarfsträger* repräsentiert die Stelle in einem Unternehmen, in der der Bedarf an Dienstleistungen entsteht. Am Beispiel eines defekten Gerätes ist der Bedarfsträger in der Regel die für das Gerät zuständige Fachabteilung.

spontanen Beauftragung durch den Dienstleistungsnachfrager anfallen. Das Nachtragsangebot überprüfen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager. Eine Anfrage, ein Leistungsverzeichnis sowie definierte Abweichungen bilden den möglichen Input, eine Erstellung eines Angebots, eines Nachtragsangebots sowie eines Verhandlungsprotokolls den möglichen Output der Serviceprozessphase AG. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind aufgeführt (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Angebotsphase AG

<i>Aktivität</i>	<i>Prozessbeschreibung</i>
<i>Angebotskalkulation</i>	Die Anfrage wird erfasst. Nach einer Anfragebewertung erfolgt eine grobe Analyse des Aufwands sowie der Machbarkeit der angefragten Leistungen. Der Dienstleistungsanbieter nimmt auf der Basis einer Anfrage eine Angebotskalkulation vor. Nachgefragte Leistungspositionen werden mit den eigenen angebotenen Leistungspositionen abgeglichen. Die Leistungspositionen werden definiert, Mengen und Preise für Stundensätze und Materialien kalkuliert. Ressourcen wie Menschen, Maschinen und Materialien werden vorgeplant und Liefertermine bzw. Ausführungstermine festgelegt. Werden nach der Ausführung von Dienstleistungen durch einen Dienstleistungsanbieter Abweichungen definiert, wird ein neues Angebot erstellt. Abweichungen entstehen durch abweichende Leistungen (z. B. zusätzliche Leistungspositionen), die nicht vertraglich vereinbart wurden.
<i>Angebotserstellung</i>	Nach der Angebotskalkulation wird das Angebot erstellt. Sonstige Bedingungen und Voraussetzungen wie Fristen, zu erfüllende Qualifikationen und andere Rahmenbedingungen werden definiert. Ein für den Bedarf adäquater Beschaffungsmarkt und potenzieller Lieferant werden ausgesucht. Der potenzielle Beschaffungsmarkt lässt sich nach Arbeitskosten, Technologiestand sowie Betrachtung der Angebots- und Nachfragekonkurrenz auswählen [Ko00]. Die Standortbezogenheit spielt eine Rolle, da aufgrund der Integration des Dienstleistungsnachfragers lokal ansässige Dienstleistungsanbieter in Frage kommen.
<i>Angebotsprüfung</i>	Der Dienstleistungsanbieter prüft sein Angebot und sendet es an den Dienstleistungsnachfrager. Der Dienstleistungsnachfrager nimmt eine Prüfung des Angebots vor. Auf der Basis von definierten Abweichungen erstellt der Dienstleistungsanbieter ein Nachtragsangebot.
<i>Angebotsvergleich</i>	Hat der Dienstleistungsnachfrager Angebote verschiedener Dienstleistungsanbieter eingeholt, nimmt er einen Vergleich dieser Angebote vor. Er entscheidet sich für einen Anbieter und dessen Angebot. Der Angebotsvergleich erfolgt nach den Kriterien Preis, Zeit, Qualität, Erfahrungen, Referenzen und Leistungsbeschreibung. Verschiedene Angebote von Dienstleistungsanbieter werden eingeholt, verglichen und ausgewertet. Bewertungskriterien wie Qualität eines Anbieters oder vorangegangene Erfahrungswerte werden herangezogen. Potenzielle Lieferanten werden für eine Vertragsverhandlung ausgewählt. Im Unterscheid zwischen Sachgut- und Dienstleistungsbeschaffung ist bei Dienstleistungen lediglich ein Leistungsversprechen zu übermitteln. Dadurch wird ein Vergleich von Anbieter und dessen Fähigkeiten erschwert. Faktoren wie Referenzen oder Zertifikate fallen wesentlich stärker ins Gewicht als bei der Sachgutbeschaffung [Ki99]. Die Nichtlagerfähigkeit von Dienstleistungen beeinflusst das Kapazitätspotenzial des Dienstleistungsanbieters.
<i>Angebotsverhandlung</i>	Bevor ein Dienstleistungsanbieter einen Zuschlag erhält, wird das Angebot (Leistungspositionen, Mengen und Preise) verhandelt. Es ist das Ziel der Verhandlung, ein möglichst kostengünstiger Mitteleinsatz des Dienstleistungsanbieters seitens des Dienstleistungsnachfragers durchzusetzen. Die Parteien müssen sich über die Vertragsform, Preise, Konditionen, Mengen und Leistungsumfang, Termine, Qualität und Gewährleistung einig werden [Wi00]. Im Vergleich zur Sachgüterbeschaffung treten bei der Dienstleistungsbeschaffung Termine, Ressourceneinsatz, Beschreibung der Leistungen, Skill Level und Ergebnisbeschreibung in den Vordergrund.
<i>Verhandlungsprotokollerstellung</i>	Über die verhandelten Leistungspositionen, Mengen und Preise wird ein Verhandlungsprotokoll erstellt. Das finale Angebot ist zu erstellen.

7.3.4.4 Serviceprozessmodell Auftragsphase AT

Ein definiertes Angebot und das Verhandlungsprotokoll liegen dem Auftrag zugrunde, den der Dienstleistungsnachfrager erstellt. Der Dienstleistungsanbieter plant Ressourcen sowie Einsatzzeiten des Serviceauftrags (Auftragsvorbereitung und -disposition) und arbeitet eine Auftragsbestätigung für den Dienstleistungsnachfrager aus. Auf der Basis eines Vertragsabschlusses wird die Leistungserbringung bei Bedarf ausgelöst. Die Erfüllung eines Dienstleistungsbedarfs erfolgt im Rahmen einer Bestellung durch eine Abrufbestellung. Sie gibt der Kunde bei immer wiederkehrenden Bestellungen auf, deren Umfang vorab definiert ist und deren genaue Beschreibung der Leistung die Bezeichnung, Menge und Vergütung auf der Basis eines verhandelten Leistungsverzeichnisses enthält. Erbringungsmodalitäten wie Termin oder Ort der Leistungserbringung werden festgelegt [La09]. Bei Einzelbestellungen wird jede Dienstleistung auf der Basis eines individuellen Vertrags abgeschlossen. Eine anschließende Leistungsgestaltung ist nicht notwendig, da die Modalitäten im Vertrag definiert sind. Weitere Parameter sind Konditionsvereinbarungen, Staffelpreise oder Mengenkontrakte. Bei einer längeren Geschäftsbeziehung regelt ein Rahmenvertrag die Grundsätze der Zusammenarbeit und bildet den Rahmen der Geschäftsbeziehung der Parteien [FW80]. Ziel eines Rahmenvertrags ist die Aufwandsreduktion von Dienstleistungsgestaltung, Planungssicherheit des Lieferanten und Reduzierung des Versorgungsrisikos des Abnehmers. Dazu zählen Dienstleistungen, die bspw. regelmäßig durch den Dienstleistungsanbieter erbracht werden (z. B. *Inspektion einer Pumpe*). Für Dienstleistungen, die in einer Rahmenvertragsvereinbarung zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager definiert sind und ungeplant anfallen, wird direkt durch eine Anfrage ein Auftrag erstellt. Unter diese Kategorie fallen bspw. alle reaktiven Instandhaltungsstrategien [RMM09]. Auf der Grundlage eines Nachtragsangebotes sind im Rahmen von Abweichungen Teilaufträge zu erstellen. Ein Dienstleistungsbedarf in der Auftragsphase bildet den Einstiegspunkt für die Prozessabläufe der Dienstleistungsbeschaffungstypen DT_3 und DT_4 (Abbildung 111).

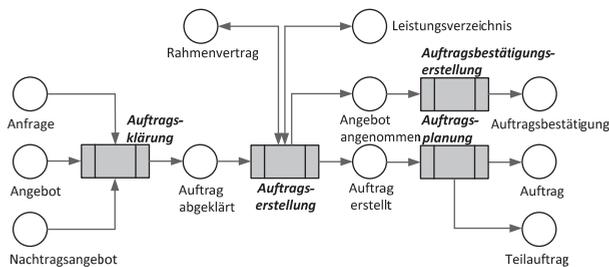


Abbildung 111: Auftragsphase AT

Ein Dienstleistungsbedarf, ein Angebot, ein Nachtragsangebot, ein Rahmenvertrag und ein Leistungsverzeichnis bilden den möglichen Input, eine Erstellung eines Auftrags, eines Teilauftrags und einer Auftragsbestätigung den möglichen Output der Serviceprozessphase AT. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind aufgeführt (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Auftragsphase AT

Aktivität	Prozessbeschreibung
Auftragsklärung	Die Auftragsklärung klärt Details wie Ressourcenplanung, Kapazitätsbedarfe und finale Überprüfung der Realisierbarkeit ab.
Auftragserstellung	Ein verhandeltes Angebot und ein zugehöriges Verhandlungsprotokoll dienen als Grundlage für eine Auftragserstellung. Für ein individuelles Angebot oder für den Abruf einer Dienstleistung auf der Basis eines Rahmenvertrags und zugehörigen Leistungsverzeichnisses wird ein Auftrag erstellt. Ist aufgrund von definierten Abweichungen ein Nachtragsangebot angezeigt, erfolgt ebenfalls eine Auftragserstellung durch einen Teilauftrag, der einem bestehenden Auftrag zugeordnet wird. Bei größeren Projekten werden Teilaufträge erstellt, sodass viele Leistungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten oder an unterschiedliche Anbieter vergeben und abgerechnet werden. Aufgabe der operativen Einkaufsabwicklung ist der Abruf einer Dienstleistung aus einem Rahmenvertrag sowie die Überwachung der Leistungserbringung, um die Einhaltung sämtlicher Vertragsvereinbarungen sicherzustellen. In der Dienstleistungsbeschaffung ist im Gegensatz zu der Sachgutbeschaffung die Bestellauslösung komplexer. Der Lieferant kann die Leistungen aufgrund der Immaterialität und des Uno-Acto-Prinzips nicht im Voraus erstellen. Die Integration des externen Faktors kommt zum Tragen. Herausforderungen sind die Planung und Koordination der Ressourcen.
Auftragsbestätigungserstellung	Sobald ein Angebot durch den Dienstleistungsanbieter angenommen ist, erstellt er eine Auftragsbestätigung.
Auftragsplanung	Nach der Erstellung eines Auftrags führt der Dienstleistungsanbieter eine Auftragsplanung durch. Sie sieht die Planung der für die Durchführung benötigten Ressourcen nach Art, Termin und Menge sowie die Ermittlung der Auftragskosten vor. In der Auftragsplanung werden Ressourcen wie Mitarbeiter, Maschinen und andere Vorbereitungen geplant.

7.3.4.5 Serviceprozessmodell Ausführungsphase AS

Der Dienstleistungsanbieter führt nach Auftragserteilung, übermittelter Auftragsbestätigung sowie der erfolgten Auftragsvorbereitung und -disposition die Dienstleistungen für den Dienstleistungsnachfrager aus (*Ausführungsphase*). Werden bereits ausgeführte Dienstleistungen beanstandet, besteht ein Nachbesserungsbedarf, der eine Dienstleistungsausführung initiiert. Dienstleistungen, die bspw. zyklisch in festen Zeitabständen durch den Dienstleistungsanbieter erbracht werden (z. B. die *Wartung einer Lüftungseinheit*), werden auf der Grundlage eines Rahmenvertrags direkt auszuführen (siehe Abbildung 112).

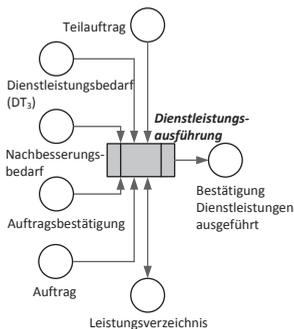


Abbildung 112: Ausführungsphase AS

Ein Auftrag, ein Teilauftrag, eine Auftragsbestätigung, ein Nachbesserungsbedarf und ein Leistungsverzeichnis bilden den möglichen Input, eine Bestätigung der Ausführung der

Dienstleistung den möglichen Output der Serviceprozessphase *AS*. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind aufgeführt (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Ausführungsphase *AS*

Aktivität	Prozessbeschreibung
Dienstleistungsausführung	Die Auftragsausführung bietet die Leistungen für den Kunden. Dienstleistungen werden durch den Dienstleister erbracht. In dieser Phase werden Dokumentationen der Ausführung erstellt, wie bspw. Konstruktionspläne.

7.3.4.6 Serviceprozessmodell Aufmaßphase *AM*

In der *Aufmaßphase* erfasst der Dienstleistungsanbieter nach der Dienstleistungsausführung die erbrachten Leistungen und erstellt ein Aufmaß (siehe Abbildung 113). In der Sachgüterbeschaffung werden Waren bei der Anlieferung im Wareneingang physikalisch geprüft im Gegensatz zu der Beschaffung von Dienstleistungen, bei der die physikalische Annahme entfällt. Dieser Serviceprozess wird durch eine Leistungserfassung (*Aufmaßphase*) und eine Leistungsannahme (*Abnahmephase*) ersetzt. Sachgüter lassen sich ex ante eindeutig bemessen, Dienstleistungen erst nach ihrer Erbringung (ex post), d. h. quantitativ erfassen, um den Ressourceneinsatz zu bewerten. Die Abrechnung fasst die durchgeführten Tätigkeiten des Auftragnehmers auf und „enthält nach Anzahl, Maß und gegebenenfalls Gewicht“ [Bü06] Nachweise über die vom Auftragnehmer durchgeführten Dienstleistungen und Angaben über die geleisteten Arbeitsstunden sowie angefallenen Zuschläge. Zusätzlich sind im Rahmen der Ausführung benötigte Materialien aufgeführt. Bei der Aufmaßfassung werden mögliche Abweichungen festgestellt und dokumentiert. Das definierte Aufmaß ist mit dem Dienstleistungsnachfrager vorverhandelt (zumeist telefonisch) und anschließend im Detail zu verhandeln. Die im beiderseitigen Übereinkommen festgestellten Abweichungen werden definiert und im Aufmaßdokument festgehalten.

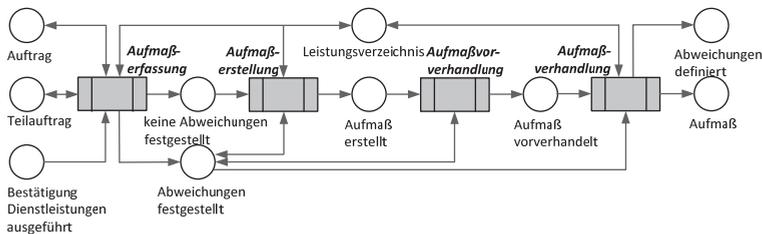


Abbildung 113: Aufmaßphase *AM*

Ein Auftrag, ein Teilauftrag, ein Leistungsverzeichnis und eine Bestätigung der Ausführung der Dienstleistung bilden den möglichen Input, eine Definition der Abweichungen und ein Aufmaß den möglichen Output der Serviceprozessphase *AM*. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind aufgeführt (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Aufmaßphase AM

Aktivität	Prozessbeschreibung
Aufmaßfassung	Die erbrachten Dienstleistungen werden durch den Dienstleistungsanbieter quantitativ erfasst. Diese Leistungserfassung dient als Grundlage der Rechnungserstellung in der Abrechnungsphase. Die Quantität der erbrachten Stunden sowie Materialkosten werden festgehalten und mit den beauftragten Leistungen abgeglichen.
Aufmaßerstellung	Die Aufmaßerstellung ermittelt Abweichungen oder nicht. Für die tatsächlich ausgeführten Dienstleistungen wird ein Aufmaß für die Leistungserfassung erstellt.
Aufmaßvorverhandlung	Festgestellte Abweichungen werden gemeinsam mit dem Dienstleistungsnachfrager vorverhandelt, um im Vorfeld größere Abweichungen zu besprechen. Im Falle von nicht festgestellten Abweichungen wird der Dienstleistungsnachfrager ebenfalls informiert.
Aufmaßverhandlung	Die festgestellten Abweichungen werden mit dem Dienstleistungsnachfrager verhandelt, ebenso Quantitäten und Preise. Im Falle nicht festgestellter Abweichungen wird das Aufmaß gemäß dem ursprünglichen Auftrag festgelegt.

7.3.4.7 Serviceprozessmodell Abnahmephase AB

Der Dienstleistungsnachfrager überprüft vor Ort die vollständige und auftragsgerechte Ausführung der erbrachten Dienstleistungen und fertigt ein Abnahmeprotokoll über die erbrachten Leistungen (*Abnahmephase*) an. Es werden durch das erstellte Aufmaß die Ergebnisse der erbrachten Dienstleistungen überprüft. Das Abnahmeprotokoll wird durch den Dienstleistungsanbieter gegengeprüft. Im Ergebnis stehen die Abnahme der erbrachten Leistungen und ein finalisiertes Aufmaß. Die Abnahmephase koordiniert die erbrachten Leistungen im Vergleich zu den beauftragten Leistungen und bildet die Basis für die Abrechnung. Werden durch den Dienstleistungsnachfrager Mängel gerügt, wird ein Nachbesserungsbedarf definiert (siehe Abbildung 114).

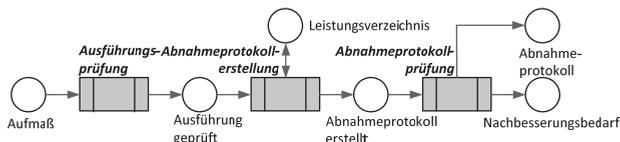


Abbildung 114: Abnahmephase AB

Ein Aufmaß sowie ein Leistungsverzeichnis bilden den möglichen Input, ein Abnahmeprotokoll und ein Nachbesserungsbedarf den möglichen Output der Serviceprozessphase AB. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind aufgeführt (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Abnahmephase AB

Aktivität	Prozessbeschreibung
Ausführungsprüfung	Auf der Grundlage des Aufmaßes wird entweder eine ergebnisorientierte Sichtprüfung oder eine Funktionsprüfung der erbrachten Dienstleistungen durch den Dienstleistungsnachfrager durchgeführt. Für sämtliche erbrachten Leistungen erfolgt eine offizielle Abnahme durch den Auftraggeber.
Abnahmeprotokollerstellung	Die Ergebnisse der Sichtprüfung oder Funktionsprüfung werden in einem Abnahmeprotokoll festgehalten.
Abnahmeprotokollprüfung	Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager nehmen eine Prüfung des Abnahmeprotokolls vor. Im Ergebnis steht ein Abnahmeprotokoll. Liegen keine Mängel vor, wird zusätzlich ein finales Aufmaß erstellt. Werden Mängel während der Abnahme festgestellt, wird ein Nachbesserungsbedarf definiert.

7.3.4.8 Serviceprozessmodell Abrechnungsphase AR

In der *Abrechnungsphase* erstellt der Dienstleistungsnachfrager auf der Basis der erbrachten und abgenommenen Dienstleistungen und des finalen Aufmaßes eine Rechnung und/oder eine Gutschrift. Die Abrechnungsprüfung in der Beschaffung von Dienstleistungen bezieht sich zum einen auf den abgeschlossenen Auftrag, zum anderen auf die Leistungserfassung (Aufmaß), da Menge und Preis bei der Beschaffung von Dienstleistungen zu anfangs noch nicht bekannt sind. So werden als Grundlage für die Abrechnung von beschafften Dienstleistungen der Rahmenvertrag bzw. Auftrag sowie die Leistungserfassung (Aufmaß) verwendet. Die Übereinstimmung des Bestellauftrags, der erfassten Leistung (Aufmaß) und der Rechnung wird als *3-Way Match* [HRH09] bezeichnet. Bei langfristigen Lieferbeziehungen greift in der Abrechnungsphase die Gutschriftmethode. Der Dienstleistungsnachfrager und der Dienstleistungsanbieter verbuchen Rechnung und Gutschrift. Ist ein Auftrag (Teilauftrag) erteilt, erstellt der Dienstleistungsanbieter darüber eine Rechnung (Teilrechnung) oder eine Gutschrift (Teilgutschrift). Die Rechnung (Teilrechnung) oder die Gutschrift (Teilgutschrift) wird bei Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager verbucht. Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager nehmen für eine Gutschrift, Teilgutschrift, Rechnung oder Teilrechnung eine Zahlungsanweisung vor. Den Erhalt der Zahlung durch den Dienstleistungsnachfrager bescheinigt der Dienstleistungsanbieter durch eine Zahlungsbestätigung (siehe Abbildung 115).

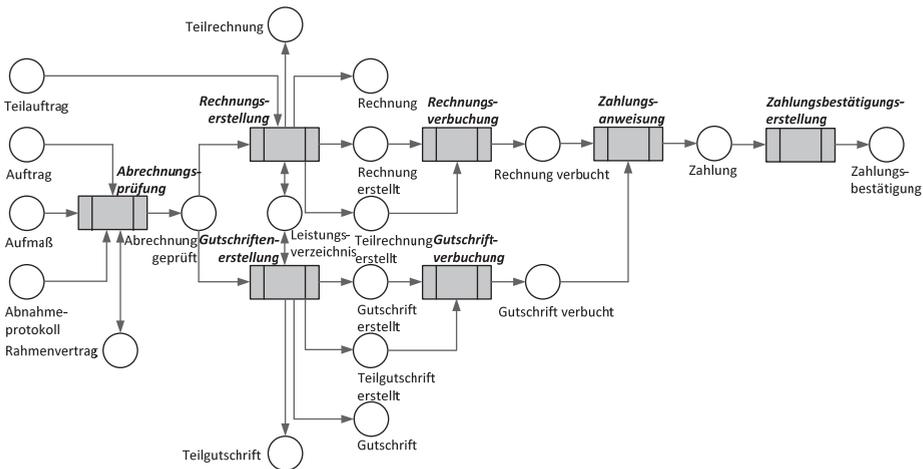


Abbildung 115: Abrechnungsphase AR

Ein Auftrag, ein Teilauftrag, ein Aufmaß, ein Abnahmeprotokoll, ein Leistungsverzeichnis und ein Rahmenvertrag bilden den möglichen Input, eine Rechnung, eine Teilrechnung, eine Gutschrift, eine Teilgutschrift und eine Zahlungsbestätigung den möglichen Output der Serviceprozessphase AR. Die detaillierten Prozessbeschreibungen der jeweiligen Subserviceprozesse von Aktivitäten der Modellierungsebene E_1 sind aufgeführt (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Abrechnungsphase AR

<i>Aktivität</i>	<i>Prozessbeschreibung</i>
<i>Abrechnungsprüfung</i>	Die Rechnungsprüfung bei der Dienstleistungsbeschaffung bezieht sich einerseits auf den abgeschlossenen Vertrag und andererseits auf die Leistungserfassung. So werden als Grundlage für die Abrechnung von beschafften Dienstleistungen sowohl der Vertrag bzw. Auftrag als auch die Leistungserfassung (Aufmaß) verwendet. Auf der Basis des erstellten Abnahmeprotokolls, des finalisierten Aufmaßes und des Auftrags wird eine Abrechnungsprüfung durchgeführt. Die für die Abrechnung relevanten Leistungspositionen sind bestimmt. Die Abrechnungsmethode (Rechnungsstellung oder Gutschriftmethode) wird festgelegt.
<i>Rechnungserstellung</i>	Für die erbrachten Dienstleistungen stellt der Dienstleistungsanbieter eine Rechnung zur monetären Bewertung aus. Für Teilaufträge werden ebenso Rechnungen erstellt.
<i>Rechnungsverbuchung</i>	Nach Rechnungserstellung verbuchen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter die Rechnung.
<i>Gutschrifterstellung</i>	Bei der Gutschriftmethode erstellt der Dienstleistungsnachfrager eine Gutschrift. Eine Gutschrift stellt eine Forderung des Dienstleistungsanbieters an den Dienstleistungsnachfrager dar.
<i>Gutschriftverbuchung</i>	Nach der Gutschrifterstellung wird die Gutschrift bei Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter verbucht.
<i>Zahlungsanweisung</i>	Ist eine (Teil-)Rechnung oder (Teil-)Gutschrift erstellt, veranlasst der Dienstleistungsnachfrager eine Zahlungsanweisung an den Dienstleistungsanbieter.
<i>Zahlungsbestätigungserstellung</i>	Die Zahlungsbestätigung bestätigt den Zahlungseingang beim Dienstleistungserbringer.

7.4 Bewertung des Referenzprozessmodells

Das Ziel der Bewertung des Referenzprozessmodells *RPSP* ist die Überprüfung der erreichten Gestaltungsziele, die durch die detaillierten Anforderungen an das Referenzprozessmodell bestimmt sind. Die sprachlichen und fachlichen Anforderungen an die Entwicklung und Modellierung des Referenzprozessmodells *RPSP* werden in den Abschnitten 7.2.1 und 7.2.2 definiert. Zusätzlich wird ein multiperspektivischer Bewertungsansatz angewandt und die Einhaltung der *Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM)* [BRS95, Sc98] überprüft. Abschließend ist eine qualitative Bewertung des Modells vorzunehmen.

7.4.1 Bewertung der erreichten Gestaltungsziele

Die Modellierung des Referenzprozessmodells erfolgt mit der formalen Modellierungssprache der Petri-Netze, einer unabhängigen Modellierungssprache (AF_{FR_2}). Petri-Netze sind ausführbar [Ob96a] und werden von einer grafischen formalen Beschreibung in eine ausführbare, maschinenlesbare Modellierungssprache überführt (AF_{FR_3}). Der Sprachumfang von Petri-Netzen (Stellen, Transitionen, Kanten und Marken) ist adäquat und beherrschbar sowie vollständig visualisierbar und beschreibt alle relevanten Aspekte der Anwendungsdomäne (AF_{FR_4} , AF_{FR_5} , AF_{FR_6}). Die erweiterte Modellierungsmethode (integrierte Servicemodellierung *iServMod*, siehe Kapitel 7) dient dazu, die Syntax und Semantik des Referenzprozessmodells in adäquater Weise zu unterstützen. Das Referenzprozessmodell basiert auf dem entwickelten Metamodell (Kapitel 5) (AF_{FR_1}). Damit wird eine Über-

prüfung der syntaktische Vollständigkeit und Korrektheit ermöglicht (AF_{FR_7}). Es umfasst die Modellierungsebenen E_0 (Serviceprozessphasen) und E_1 (Serviceprozessmodelle) und sieht eine weitere Modellierungsebene für die Modellierung von Subserviceprozessen vor. Servicephasen bilden die Prozessphasen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung ab und berücksichtigen beschaffungsspezifische Abläufe, die variabel angepasst werden. Subserviceprozesse werden adaptiv an den jeweiligen spezifischen Kontext der Domäne industrielle Dienstleistungsbeschaffung angepasst (AF_{FR_8} , $AF_{FR_{11}}$). In das Referenzprozessmodell fließen *Best Practices* aus der betrieblichen Unternehmenspraxis und das Erfahrungswissen von Fachanwendern mehrerer Unternehmen im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts ein [HMS+09, HW09, HWR+10]. Betriebliches Prozesswissen ist dokumentiert und Erfahrungswerte sind abgebildet. Die Robustheit des Modells lässt sich durch simulative Analyse aufzeigen. Instanzen des Modells werden durch die softwaregestützte Analyse über Kennzahlen bewertet und evaluiert (siehe Kapitel 9). Das Modell muss sich durch die zukünftige Anwendung in der betrieblichen Unternehmenspraxis beweisen. Es bildet ein Rahmenwerk für die Ableitung spezifischer Modellstrukturen als Modellinstanzen für die Anwendung in der betrieblichen Praxis (AF_{FR_7} , AF_{FR_9} , $AF_{FR_{10}}$, $AF_{FR_{16}}$). Prozessschnittstellen zwischen Serviceprozessphasen und Serviceprozessen für den Daten- und Dokumentaustausch zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern sind explizit modelliert ($AF_{FR_{12}}$). Verschiedene Prozessabläufe für spezifische Dienstleistungsbeschaffungstypen DT_i sind abgebildet. Sie bieten Einstiegspunkte für mögliche Instanzierungen von Serviceprozessmodellen ($AF_{FR_{13}}$) dar. Eine Stelle zur Repräsentation eines zentralen Leistungsverzeichnisses mit einheitlichen Dienstleistungsbeschreibungen ist berücksichtigt ($AF_{FR_{14}}$). Das Referenzprozessmodell eröffnet vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Es repräsentiert betriebliches Wissen der einzelnen Serviceprozessphasen und deren Ausgestaltung. Auf der Basis des Referenzprozessmodells lassen sich Geschäftsprozesse in betrieblichen Informationssystemen anpassen oder neu implementieren. Durch die Erstellung von Teilmodellen und die hierarchische Modellierung werden verschiedene Sichten für Fachbereiche gebildet. Die verschiedenen Instanzierungen von Geschäftsprozessmodellen ermöglichen ein Benchmarking für einen Performancevergleich ($AF_{FR_{16}}$). Das Benchmarking erfolgt durch reale Prozessdaten (z. B. durch Log-Informationen) oder im Rahmen von Simulationsexperimenten.

7.4.2 Multiperspektivischer Bewertungsansatz

Nach [FL03, Fr07] werden die folgenden Perspektiven zur Bewertung des Referenzprozessmodells herangezogen:

- *Ingenieursperspektive*: Das Referenzprozessmodell *RPSP* erfüllt die sprachlichen, die fachlichen und inhaltlichen Anforderungen und berücksichtigt die *Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM)*, siehe Abschnitt 7.4.3).
- *Nutzerperspektive*: Das Referenzprozessmodell *RPSP* ist im Rahmen von Anwendungsfällen eines Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts zu betrachten (siehe Kapitel 1 und 9). Es wurde auf der Basis von realen Anwendungsfällen der betrieblichen Praxis in der Industrie gebildet und für das Design und die Spezifika-

tion von elektronischen Geschäftsprozessen in prototypischen Softwareanwendungen verwendet.

- *ökonomische Perspektive:* Die initiale Anwendung des Referenzprozessmodells *RPSP* ist mit hohen Kosten verbunden, die durch den Modellierungs- sowie den Kommunikations- und Abstimmungsaufwand entstehen. Es ist anzunehmen, dass die Kosten mittelfristig durch die Wiederverwendung von Prozessinstanzen und modellierten Prozessen, durch die beschleunigte Modellierung von Prozessen über die gewonnenen Erfahrungswerte, durch die Zeitersparnis und die erreichte Harmonisierung kompensiert werden.
- *epistemologische Perspektive:* Das Referenzprozessmodell *RPSP* beschreibt die Prozessphasen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung und betrachtet die Auftragsabwicklung. Das hierarchische Modell definiert zwei Modellierungsebenen unterschiedlicher Granularität und relevante Schnittstellen. Eine integrierte Modellierungsmethode zur Modellierung von Modellinstanzen wird bereitgestellt (siehe Kapitel 6).

7.4.3 Überprüfung der Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung

Die Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM) [BRS95, Sc98] (siehe Kapitel 5) werden zur Überprüfung des Referenzprozessmodells herangezogen:

- *Grundsatz der Richtigkeit:* Das Referenzprozessmodell *RPSP* ist auf der Basis der formalen Modellierungssprache der Petri-Netze modelliert. Das Modell sowie seine Instanzen lassen durch Petri-Netze syntaktisch korrekt beschreiben. Die Semantik des Referenzprozessmodells wurde mit Fachanwendern im Konsens entwickelt und seine Anwendung im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts bestätigt. Die Prüfung des Modells auf Widerspruchsfreiheit und weitere formale Eigenschaften wie Deadlockfreiheit, Erreichbarkeit, Lebendigkeit, Konfliktfreiheit fand statt.
- *Grundsatz der Relevanz:* Die durchgeführten Analysen und Recherchen im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts zeigen den generellen Handlungsbedarf auf für den Bereich der prozessorientierten Gestaltung in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung mit dem Fokus auf die Auftragsabwicklung.
- *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit:* Auf der Grundlage des gesammelten Erfahrungswissens der Fachanwender sowie der prototypischen Anwendung wurde das Referenzprozessmodells effizient gestaltet. Die Modellentwicklung fand keineswegs losgelöst statt. Der bewirkte ökonomische Nutzen von *RPSP* ist offen und wird sich in der betrieblichen Praxis zeigen.
- *Grundsatz der Vergleichbarkeit:* Die Formalisierung und die präzise Modellierung der Inhalte und der Struktur des Referenzprozessmodells ermöglichen die Vergleichbarkeit mit anderen Modellen.
- *Grundsatz des systematischen Aufbaus:* Das Referenzprozessmodell *RPSP* ist hierarchisch aufgebaut und strukturiert. Die definierte Struktur und die Syntax stellen eine interne Konsistenz sicher.

- *Grundsatz der Klarheit:* Die Modellelemente wurden von Fachanwendern und Domänenexperten im Rahmen der Anwendung positiv in Bezug auf ihre Verständlichkeit beurteilt.

7.4.4 Qualitative Bewertung

Die qualitative Beurteilung des Referenzprozessmodells wird anhand von Qualitätsmerkmalen und dazugehörigen Kennzahlen vorgenommen. Zu den Qualitätsmerkmalen zählen Eigenschaften wie bspw. Adäquanz, Allgemeingültigkeit, Erweiterbarkeit, Transparenz, Wiederverwendbarkeit und Implementierbarkeit [WS94]. Allgemein akzeptierte Standards zur Bestimmung und Bewertung der Qualität von Prozessmodellen liegen allerdings nicht vor [RSD05, Th06]. Nach Kobler [Ko10b] werden Prozessmodelle zum einen als eigenständiges Objekt, zum anderen stellvertretend durch Prozessinstanzen auf der Basis von Qualitätsmerkmalen beurteilt. Nicht nur die Zielsetzung der Erstellung eines Modells für die Informationssystemgestaltung, sondern auch Fragestellungen nach Organisationsgestaltung, Anschaulichkeit und bedarfsgerechte Gestaltungsempfehlungen stellen qualitätserhöhende Merkmale dar [BRS95].

Im Rahmen der Arbeit wurden in Anlehnung an die wissenschaftliche Literatur Anforderungen an das Referenzprozessmodell gestellt, die als Qualitätsmerkmale genutzt und bewertet werden (siehe Abschnitt 7.2). Im Hinblick auf die Zielsetzung des Entwurfs eines Referenzprozessmodells für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung wurden die Eigenschaften der Organisationsgestaltung (Zuständigkeit von Fachabteilungen der Organisation), Anschaulichkeit (Hierarchisierung des Modells, verständliche Modellierungssprache) und bedarfsgerechte Gestaltungsempfehlungen explizit berücksichtigt. Die definierten Anforderungen wurden von Domänenexperten und Fachanwendern aufgenommen und geprüft. Durch die Verwendung einer formalen Modellierungssprache und die Entwicklung einer integrierten Modellierungsmethode zur Modellierung von Modellinstanzen (siehe Kapitel 6) konnte eine hohe Qualität der modellierten Prozessinstanzen gesichert werden. Analysemethoden wie Erreichbarkeitsanalysen und Strukturanalysen sowie die Geschäftsprozesssimulation wurden hierzu herangezogen (siehe Kapitel 8). Im Rahmen von Expertenbefragungen, empirischen Untersuchungen, sowie der Bewertung wissenschaftlicher Literatur zu verwandten Ansätzen wurden relevante Modellierungsaspekte bestimmt, die in das Referenzprozessmodell eingeflossen sind und es aus dieser Perspektive vollständig beschreiben. Da sich die Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung im Laufe der Zeit ändert, kann eine allgemeine und permanente Vollständigkeit des Modells nicht sichergestellt werden.

Ein weiterer Aspekt, der zur Qualitätserhöhung des Modells beitragen kann, ist die Implementierung von Mechanismen zur Behandlung von *Ausnahmesituationen*. Treten *Ausnahmen* bzw. *Ausnahmesituationen* als definierte Fehlerzustände in Geschäftsprozessen auf, so werden sie im Rahmen einer *Ausnahmebehandlung* durch *Ausnahmebehandlungsprozesse* bspw. korrektiv oder präventiv behoben [Tr11]. *Ausnahmesituation* stellen in Geschäftsprozessen Zustände dar, in denen eine *Ausnahmebedingung* erfüllt ist. Für die Behandlung von *Ausnahmesituationen* werden *Ausnahmenbedingungen* formuliert, die eintreten und

Ausnahmebehandlungsprozesse aktivieren. Ausnahmebehandlungsmechanismen können von Fachanwendern und Domänenexperten mit Erfahrungswissen definiert werden und geben Rückschlüsse auf die Weiterentwicklung und Anpassung von Geschäftsprozessen. In Serviceprozessmodellen stellen Ausnahmesituationen bspw. die Ablehnung eines Angebots oder die Stornierung eines bereits erteilten Auftrags dar. Das Referenzprozessmodell bietet keine unmittelbare Unterstützung von Ausnahmebehandlungen. Es existieren jedoch Ansätze zur Behandlung von Ausnahmen für Petri-Netze. Mevius [Me06] und Trunko [Tr11] definieren Ansätze zur Behandlung von Ausnahmesituationen, die auf der Basis von XML-Netzen durch spezifische zustandsbezogene¹⁶⁴ Transitionstypen erfolgen.

¹⁶⁴ Werden einzelne Zustände in Geschäftsprozessen betrachtet, so handelt es sich um eine statische Sichtweise, die zustandsbezogen ist. Zustandsbezogene Ausnahmesituationen basieren auf statischen Werten.

8 Werkzeuggestützte Modellierung und simulative Analyse von Serviceprozessen

Das Kapitel „*Werkzeuggestützte Modellierung und simulative Analyse von Serviceprozessen*“ befasst sich mit der Modellierung und Analyse von Serviceprozessen mit Unterstützung des Softwarewerkzeugs *Horus*. Die Analyse von Anwendungsfällen bildet die Basis für die Aufstellung von Hypothesen zu Verbesserungspotenzialen von Serviceprozessmodellen. Ausgehend von Serviceprozessmodellen werden Simulationsprozessmodelle erstellt, verschiedene Prozessvarianten simuliert und Verbesserungspotenziale identifiziert. Der *Abschnitt 8.1* führt in die Grundlagen der qualitativen und quantitativen Analyse von Geschäftsprozessen ein, insbesondere von Petri-Netzen. In *Abschnitt 8.2* liegt der Fokus auf der softwaregestützten Simulation von Petri-Netzen. Die Simulation ermöglicht Vorhersagen über das spätere Systemverhalten. Dadurch wird das Verständnis über Zusammenhänge und das Verhalten des modellierten Systems bzw. der modellierten Serviceprozesse verbessert. Ein Vorgehensmodell für die Simulation von Geschäftsprozessen wird vorgeschlagen. Anforderungen an ein Softwarewerkzeug für die Modellierung und simulative Analyse von Serviceprozessen werden in *Abschnitt 8.3* erarbeitet. In diesem Zusammenhang wird das Softwarewerkzeug *Horus* für die Modellierung und Simulation von Geschäftsprozessen mit Petri-Netzen vorgestellt und um die in der Arbeit entwickelten Modellierungskonzepte für Serviceprozesse erweitert. Verschiedene Simulationsexperimente zur Analyse von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten in Serviceprozessen dienen als Basis für die Bildung von Simulationsvarianten und ermitteln Schwachstellen im modellierten System. Hypothesen zu möglichen Verbesserungspotenzialen werden validiert (*Abschnitt 8.4*). und die Prozesssimulation abschließend bewertet (*Abschnitt 8.5*).

8.1 Qualitative und quantitative Analyse von Geschäftsprozessen

Die Analyse von Geschäftsprozessen lässt sich nach van der Aalst [AH04] in die Bereiche der *qualitativen* und *quantitativen* Analyse unterteilen. Während die qualitative Analyse die Sicherstellung des logischen (intendierten) Verhaltens (logische Korrektheit) und Vollständigkeit von Geschäftsprozessmodellen erfasst, überprüft die quantitative Analyse die Einhaltung von vorab definierten Prozesszielen. Das Ergebnis der qualitativen Analysen ist der Ausschluss von Modellierungsfehlern und den damit entstehenden Ausnahmesituationen. Syntaktische und semantische Defizite lassen sich erkennen. Qualitative Analysemethoden überprüfen auf Modellierungsfehler in Geschäftsprozessmodellen durch Aussagen der dynamischen und strukturellen Eigenschaften. Sie sind graphentheoretische Analysemethoden, die auf Petri-Netzvarianten angewandt werden und der Identifikation von Modellierungsfehlern in Petri-Netzen dienen. Dadurch lassen sich noch vor der Umsetzung der Geschäftsprozesse Modellierungsfehler und Ineffizienzen beseitigen. Die Performanz eines Geschäftsprozessmodells wird durch *Kennzahlen* ausgedrückt. Nach Freund und Götzer [FG08] führt eine qualitative und quantitative Analyse von Geschäftsprozessmodellen zu einer allgemeinen Prozessverbesserung, die im Einzelnen durch die Verbesserungen

der Reduzierung der Prozesskosten und der Prozessdurchlaufzeit sowie durch die Verbesserung der Prozessqualität und der Prozesstransparenz erreicht wird. Durch Analysemethoden lassen sich dynamische Eigenschaften von Petri-Netzen validieren bzw. verifizieren. Für die Analyse von Geschäftsprozessen auf der Basis von Petri-Netzen werden die Begriffe der *Validierung* und *Verifikation* von Geschäftsprozessmodellen als auch ihre qualitativen und quantitativen Analysemethoden vorgestellt. Ein Schwerpunkt liegt auf der simulativen Analyse von Geschäftsprozessen.

8.1.1 Validierung und Verifikation

Die *Verifikation* bietet den formalen Nachweis von Eigenschaften, während die *Validierung* die Korrektheit des Modells in Bezug auf die Anwendung überprüft [Aa98a, Ob96a]. Bei ausführbaren Modellen wird das Verhalten des Modells validiert [DE00]. Die Verifikation überprüft die Konsistenz eines Geschäftsprozessmodells bezüglich logischer Anforderungen durch den formalen Nachweis von Eigenschaften des Geschäftsprozessmodells. Sie betrachtet die Eigenschaften der Struktur und des Verhaltens eines Geschäftsprozessmodells. So werden Eigenschaften des Geschäftsprozessmodells sichergestellt bspw. die Verklemmungen (Stillstand bei der Bearbeitung eines Geschäftsvorfalles vor Erreichen des festgelegten Endes) vermieden [Re85]. Größere Softwaresysteme wie ERP-Systeme sind nicht vollständig zu verifizieren [AS11]. Die Qualität eines Geschäftsprozessmodells wird durch Aspekte (Qualitätsmerkmale) der Korrektheit, Konsistenz und Effizienz beschrieben und durch Analyseverfahren zur Validierung und Verifikation bemessen. Entspricht das Verhalten eines Geschäftsprozessmodells dem Verhalten des intendierten Geschäftsprozesses, so handelt es sich um einen korrekten Entwurf. Qualitative Analysemethoden dienen der Verifikation von Geschäftsprozessmodellen. Eine quantitative Analyse bewertet die Leistungsfähigkeit eines Geschäftsprozessmodells.

8.1.2 Analysemethoden

Für die Verifikation und Validierung von Geschäftsprozessmodellen auf der Basis von Petri-Netzen werden Analysemethoden zur qualitativen und quantitativen Analyse eingeführt. Für die Verifikation werden qualitative, für die Validierung quantitative Analysemethoden erläutert.

8.1.2.1 Qualitative Analyse

Die Methode der *Erreichbarkeitsanalyse* geht von einem gegebenen Anfangszustand (Anfangsmarkierung M_0) aus und zeigt alle möglichen Zustände eines Geschäftsprozesses auf der Basis von Petri-Netzen auf. Ein *Erreichbarkeitsgraph* stellt Zusammenhänge zwischen den möglichen Zuständen dar. Er untersucht Geschäftsprozesse auf die verschiedenen dynamischen Eigenschaften [Ab90, Ba97, St90] und stellt den möglichen Verlauf eines Geschäftsprozesses und die alternativen Zwischenzustände dar [Ba97]. Die Menge der Markierungen, die durch die Ausführung von Schaltfolgen erreichbar ist, wird als *Erreichbarkeitsmenge* eines Systems bezeichnet [Ba97]. Ein Erreichbarkeitsgraph besteht aus Knoten

und gerichteten Kanten. Jeder Knoten repräsentiert einen erreichbaren Zustand, der aus einem Tupel (s_1, s_2, \dots, s_n) besteht. Der Index von s gibt an, wie viele Marken der Stelle s_i zugewiesen sind, die Kante den möglichen Zustandswechsel. Existieren mehrere Kanten, so kann der nachfolgende Zustand nicht vorbestimmt werden (nicht-deterministische Wahl). Eine Erreichbarkeitsanalyse wird informal durch den *Erreichbarkeitsalgorithmus BF* („*breath first*“) oder den *verallgemeinerten Erreichbarkeitsalgorithmus (VEA)* in Verbindung mit einer Tabelle beschrieben [Ba97]. Durch die zunehmende Anzahl von Stellen in einem Petri-Netz und mit wachsender Zahl von Stellen zugeordneter Marken nimmt die Menge möglicher Markierungen exponentiell zu. Die Erstellung einer Erreichbarkeitsanalyse erweist sich als sehr aufwendig. Dieses Problem ist als *State Space Explosion Problem*¹⁶⁵ bekannt [GV03]. Linear-algebraische Verfahren bieten sich zur qualitativen Analyse des Verhaltens von Petri-Netzen an. Mit Hilfe der *Verhaltensanalysen* lassen sich klassische Eigenschaften von Petri-Netzen überprüfen. Zu den klassischen strukturellen und dynamischen Verhaltenseigenschaften von Petri-Netzen zählen *Sicherheit*, *Beschränktheit*, *Lebendigkeit* und *Reversibilität* von Netzen. Zur Bestimmung der Verhaltenseigenschaften eines Petri-Netzes ist von der Anfangsmarkierung auszugehen und die Menge der Schaltfolgen und der Markierungsgraph zu betrachten. Die strukturellen Eigenschaften eines Geschäftsprozessmodells lassen sich im Rahmen von *Strukturanalysen* durch explizite Betrachtung des möglichen Verhaltens analysieren. Zu den strukturellen Elementen von Petri-Netzen gehören *Nebenläufigkeiten*, *Alternativen*, *Sequenzen* und *Iterationen*. Daher sind diese Analysen vor der Simulation durchzuführen. Die Strukturanalyse von Petri-Netzen berücksichtigt keine Marken und Markierungen. *Invarianten* (sogenannte *S-* und *T-Invarianten*) identifizieren diejenigen Eigenschaften der Petri-Netze, die unabhängig von bestimmten Markierungen sind und sich auf die Struktur des Netzes beziehen [Ba97]. Strukturelle Veränderungen in Form von Parallelisierung statt Sequenzen steigern deutlich die Effizienz wie beispielsweise durch die Reduktion der Gesamtdurchlaufzeiten. Parallelisierung erfolgt auch über den Einsatz von Ressourcen, indem unterschiedliche Ressourcen an den Geschäftsprozessen beteiligt sind. Die Validierung von Geschäftsprozessen mit komplexer Struktur, die aus Parallelisierungen, Nebenläufigkeiten, Selektionen und Iterationen besteht, wird schwieriger. Daher verlangt die Strukturanalyse die Einhaltung informeller Regeln [AH04]. So werden alle Transitionen ohne Inputstellen bzw. Transitionen ohne Outputstellen im Nachbereich jeweils mit Eingangs- bzw. Ausgangsstellen modelliert. Ein Netz beginnt und endet prinzipiell mit einer Stelle, die einen klaren Start- und Endzeitpunkt modelliert¹⁶⁶. Bei der Modellierung von Geschäftsprozessen sollten Engpässe, die „*Flaschenhälse*“, vermieden werden. Engpässe sind Netzstrukturen, die zu einer Menge von Prozessobjekten führen, die aufgrund ihrer Anzahl nicht weiter abgearbeitet werden können¹⁶⁷. Außerdem sind Netzstrukturen zu vermeiden, die innerhalb von Geschäftsprozessen vor deren erfolgreichem Abschluss zu Deadlocks führen. Ein Geschäftsprozess, der diese Minimumanforderungen erfüllt, wird als *intakt* bzw. *sound* genannt. Im Rahmen ei-

¹⁶⁵ Das Problem der exponentiellen Zunahmen von Stellen und Marken wird auch als *State Space Explosion Problem* bezeichnet [GV03].

¹⁶⁶ Solche syntaktisch eingeschränkten Petri-Netze werden als *Workflow-Netze (WSN)* [Aa98a, AH04] bezeichnet.

¹⁶⁷ Ein *Flaschenhals* entsteht üblicherweise aufgrund von zyklischen Netzstrukturen, die zu Deadlocks innerhalb der Geschäftsprozesse führen.

ner Strukturanalyse lassen sich Eigenschaften wie *free-choice*, *well-structured*, *well-handled* und *zusammenhängend* untersuchen. Die Verifikation von Petri-Netzen wird durch die Verknüpfung des Werkzeugs Horus mit dem Softwarewerkzeug *Woflan*¹⁶⁸ durchgeführt.

8.1.2.2 Quantitative Analyse

Die quantitative Analyse von Petri-Netzen erfolgt auf der Basis deterministischer oder stochastischer Geschäftsprozessmodelle. Hierbei stehen vor allem quantitative Merkmale wie Zeiten und Kosten im Vordergrund. Die quantitative Analyse des Leistungsverhaltens eines Geschäftsprozesses erfolgt durch Analysemethoden wie *Markovanalyse (Markovketten)*¹⁶⁹ [So08], *Warteschlangentheorie*¹⁷⁰ [AH04, Li09] oder *Simulation*. Die Entwicklung von quantitativen Größen wie Durchlaufzeit, Ressourcenverbrauch oder Auslastungsgrad sowie daraus abgeleitete weitere quantitative Größen führen zu Schlussfolgerungen über das Leistungsverhalten eines Geschäftsprozesses [GV03]. Quantitative Größen sind *Kennzahlen*. Zu den typischen quantitativen Kennzahlen gehören die *durchschnittliche Durchlaufzeit*, *Liegezeit* und *Rüstzeit* eines Geschäftsprozesses, die *Ressourcenauslastung*, die *Anzahl der Instanzen pro Ressource*, die *Bearbeitungszeit*, die *Anzahl der Aktivitäten*, die während eines spezifizierten Zeitintervalls ausgeführt werden, der *Auslastungsgrad der Mitarbeiter* oder auch die erfolgreich ausgeführte *Anzahl an Geschäftsprozessinstanzen* während einer definierten Zeitspanne [AH04, AK06].

8.2 Simulation von Geschäftsprozessen

Aufgrund der engen Verknüpfung eines Geschäftsprozesses mit seiner Umwelt überträgt sich die Komplexität auf den Geschäftsprozess, d. h.: Die Beherrschbarkeit des Geschäftsprozesses wird zunehmend schwieriger. Die resultierende Eigenkomplexität erfordert den Einsatz unterstützender Methoden. Betriebswirtschaftliche Entscheidungsprobleme lassen sich mit Hilfe mathematischer Modelle und Methoden beschreiben und lösen. Problemstellungen komplexer Systeme¹⁷¹ verweisen auf die Grenzen von Optimierungsmodellen und zugehörigen Optimierungsmethoden. Heuristische Verfahren untersuchen komplexe Problemstellungen, um durch systematisches Probieren und modellorientiertes Experimentieren möglichst gute, näherungsweise optimale Lösungen zu erzielen. Aufgrund der nicht er-

¹⁶⁸ *WorkFLow Analyzer (WOFLAN)* ist ein Petri-Netz-basiertes Workflow Verifikations-Werkzeug, um die Korrektheit eines Workflows zu analysieren [AH00].

¹⁶⁹ Eine *Markovkette* ist ein stochastischer Prozess mit einem diskreten Zustandsraum, während ein *Markovprozess* einen stetigen Zustandsraum besitzt. Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von zukünftigen Ereignissen werden angegeben. Eine Markovkette auf der Basis eines Petri-Netzes kann als ein um stochastische Größen erweiterter Erreichbarkeitsgraph interpretiert werden [Me06].

¹⁷⁰ Die Grundlage für eine quantitative Analyse mit der *Warteschlangentheorie* bildet ein Wartesystem mit einer Anzahl von Bedienstationen. Eine Warteschlange von ankommenden Kunden mit bestimmten Ankunftszeiten wird bedient. Jeder Kunden wird innerhalb einer bestimmten Bedienzeit bedient [NM02].

¹⁷¹ Ein *System* umfasst eine Anzahl von Objekten (z. B. Aktivitäten, Teilprozesse, Geschäftsprozesse, Ressourcen) und deren Zusammenhänge. Die *Systemumgebung* beschreibt externe Faktoren, die eine Veränderung im System verursachen. Ein System nimmt einen Systemzustand ein, die eine minimale Informationsmenge beschreibt, mit der das zukünftige Verhalten des Systems bei Abwesenheit von Zufallsereignissen eindeutig vorhergesagt wird.

kennbaren Einflüsse der Systemvariablen auf das Zielkriterium und der gegenseitigen Abhängigkeit ist es grundsätzlich schwierig, eine Lösung mit akzeptablem Aufwand zu ermitteln.

Die *Simulation* und das Durchspielen unterschiedlicher Strategien oder Handlungsalternativen ermöglichen Einblicke in das dynamische Systemverhalten und treffen Aussagen über das zukünftige Verhalten des Systems. Die Kausalbeziehungen zwischen den Input- und Outputgrößen sowie Systemparametern von Modellen lassen sich aufzeigen. Durch die Simulation wird das Systemverhalten in Abhängigkeit der Systemparameter über die Zeit untersucht [Re92]. Die Simulation hat zum Ziel, ein besseres Verständnis der Systemzusammenhänge (z. B. alternative Prozessstrukturen) und des Systemverhaltens zu bekommen und Handlungsstrategien durch die Simulation von potenziellen Szenarien auf der Basis der Auswertung der Simulationsergebnisse zu definieren. Insgesamt lässt sich die Effektivität und Effizienz von unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Abläufen in Unternehmen steigern und die Transparenz erhöhen. Sie stellt sich als Problemlösungsalternative für die Modellierung und Analyse komplexer, dynamischer, umfangreicher Systeme dar, die sich nur schwer oder gar nicht untersuchen lassen [BFS87]. Bei der Simulation durch das rechnergestützte Experimentieren an einem abstrakten Modell des betrachteten Systems werden für das Systemverständnis Erkenntnisse gewonnen, die eine Gestaltung des realen Systems beeinflussen [KS99].

Die *Prozesssimulation* ist als „zielgerichtete, experimentelle computergestützte Ausführung von Prozessmodellen“ [NRS02] zu definieren. Sie wird zur Steuerung, Kontrolle und Verbesserung von Geschäftsprozessen eingesetzt, um a priori Abschätzungen und Prognosen über mögliche Auswirkungen von Veränderungen an Prozessen zu treffen, bevor manuelle Aktivitäten in einem realen System verändert werden [BZB+09]. Die Simulation unterstützt die evolutionäre Entwicklung von Geschäftsprozessmodellen [Ob96a]. Modellierte alternative Geschäftsprozesse werden ausgewählt, ausgeführt und überwacht [MP04]. Die Grundlage einer Simulation bildet eine abgeschlossene Modellierung der zu simulierenden Prozesse und Objekte [Th03]. Die Simulation ist eine Methode, die ein reales System in einem mathematischen Modell abbildet und durch das Experimentieren an diesem Modell und der Auswertung der Simulationsergebnisse Einsicht erzeugt. Das mathematische Modell (z. B. ein Geschäftsprozessmodell) zur Durchführung von Simulationsläufen in Simulationsexperimenten ist ein *Simulationsmodell*. Auf der Basis eines Simulationsmodells lassen sich Geschäftsprozesse mit Hilfe von Änderungen der Input-Parameter in der Simulation untersuchen, um die Leistung des Gesamtsystems und der modellierten Geschäftsprozesse zu verbessern [MNP06]. Mit Simulationsmodellen wird die Frage beantwortet, welcher Output bei gegebenem Input und festen Parameterwerten zu erreichen ist. Mögliche Prozessvarianten als verschiedene Lösungsansätze evaluiert die Simulation und ermöglicht eine kompetente Entscheidungsunterstützung für Unternehmen [Sc10a, Sc12a]. Die Begriffe *Simulation* und *Prozesssimulation* werden in Anlehnung an [VDI96a] wie folgt definiert:

Definition 8.1: *Simulation und Prozesssimulation*

Eine *Simulation* ist das Nachbilden eines dynamischen Prozesses in einem System mit Hilfe eines experimentierfähigen Modells, um zu Erkenntnissen zu ge-

langen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Für die Untersuchung des zeitlichen Ablaufverhaltens komplexer Systeme werden in Simulationsexperimenten Simulationsläufe von Simulationsmodellen durchgeführt und untersucht. Simulationsexperimente werden vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet. Die *Simulation von Geschäftsprozessen (Prozesssimulation)* ist die Ausführung von Geschäftsprozessen mit variierenden Parametern im Rahmen von softwaregestützten Simulationsexperimenten. Mit Hilfe der Simulation wird ein dynamischer Geschäftsprozess auf der Basis von Kennzahlen in einem Simulationsmodell unter der Verwendung verschiedener Parametrisierungen innerhalb eines softwaregestützten Simulationsexperiments analysiert. Softwaregestützte Simulationsläufe erlauben Rückschlüsse auf das Verhalten und die Gestaltung des Systems. In einem Simulationsexperiment wird das dynamische Verhalten eines Geschäftsprozesses durch wiederholte Simulationsläufe unter systematischen Varianten von Prozessparametern und Strukturvariationen zielgerichtet analysiert.

Im Verlauf der Simulation werden *Simulationsexperimente* wiederholt unter systematischen Parametervariationen und in einem *Simulationslauf* oder mehreren *-läufen* durchgeführt. Ein Simulationsexperiment ist die Durchführung einer empirischen Untersuchung des Systemverhaltens durch Abstraktion über das Simulationsmodell. Das Resultat von Simulationsexperimenten wird als *Simulationsergebnis* bezeichnet. Es ist ein Protokoll mit der Darstellung von Differenz und zeitlicher Entwicklung der Änderung von zuvor festgelegten Zustandsgrößen. Die Auswertung der Simulationsergebnisse gibt Aufschluss über Zusammenhänge einzelner Systemparameter und dient der Entwicklung von Handlungsstrategien [BCN+05].

Die Simulation von Geschäftsprozessen erfolgt durch *deterministische* und *stochastische* Simulationsexperimente. Bei deterministischen Simulationsexperimenten sind alle Parameter des Geschäftsprozesses bekannt. Bei dieser sogenannten „*Fallstudien-Simulation*“ führt die Berechnung des Ablaufs vorgegebener Transaktionen bei wiederholter Durchführung von Simulationsexperimenten immer zum selben Ergebnis. Bei stochastischen Simulationsexperimenten variieren bestimmte Parameter auf der Grundlage einer ex ante gemessenen oder geschätzten Häufigkeitsverteilung. Zufallszahlen werden durch Zufallszahlen-Generatoren wie bspw. die *Monte-Carlo-Methode* (z. B. Normalverteilung, Exponentialverteilung etc.) erzeugt [Fi96] und in Simulationsexperimenten integriert, um unterschiedliche Prozess-Outputs zu erzeugen. Zufallszahlen können bspw. bei Schaltdauern von Aktivitäten verwendet werden. Die Resultate der Simulationsexperimente sind statistisch auszuwerten und zu interpretieren. Zufallszahlen werden durch empirisch ermittelte Verteilungen oder Schätzwerte von Erwartungswert¹⁷² und Varianz¹⁷³ charakterisiert [Ro02]¹⁷⁴. Es gibt Wahrscheinlichkeitsverteilungen wie die *Normalverteilung* oder *Poisson-Verteilung*,

¹⁷² Der *Erwartungswert* $E(X)$ einer Zufallsvariablen X ergibt sich durch das mehrmalige Wiederholen eines Simulationsexperiments als Mittelwert der Ergebnisse.

¹⁷³ Die *Varianz* $VAR(X)$ gibt die Abweichung einer Zufallsvariablen X von Ihrem Erwartungswert $E(X)$ an.

¹⁷⁴ Diese Substitution kann zu systematisch „verzerrten“ Ergebnissen führen, da bspw. Größe und Vorzeichen der Fehler von deterministischen Annahmen nicht bekannt sind.

bei denen sich der Erwartungswert und/oder die Varianz zum Beispiel aus einer Summe von Zeitdauern von Aktivitäten errechnen lassen. Bereits bei einer einfachen Sequenz, in der die Zeitdauer einzelner Aktivitäten auf unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen basiert, ist eine analytische Berechnung der Zustände sehr aufwendig. Integriert das Prozessmodell Netzstrukturen wie Nebenläufigkeit, Synchronisation, Alternative und/oder Iteration, ist eine analytische Berechnung der Zustände der Stellen zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr möglich (State Space Explosion). Eine analytische Berechnung wird darüber hinaus erschwert, wenn die Zeitdauer von Aktivitäten positiv oder negativ korreliert. Nach Auswertung der simulativen Analyse gilt es, Verbesserungen durch die Veränderung der Anordnung bzw. Reihenfolge von Prozesselementen und der Zusammenfassung von Aktivitäten zu erzielen. Die Auswertung von Simulationsergebnissen gibt Aufschlüsse über Zusammenhänge der einzelnen Systemparameter und wird zur Weiterentwicklung von Handlungsstrategien genutzt [Fu93]. Verschiedene Szenarien lassen sich entwickeln, nacheinander simulieren und paarweise vergleichen. Die Simulationsergebnisse sind vor dem Treffen einer Auswahlentscheidung hinsichtlich ihrer verursachten Kosten zu analysieren und zu bewerten. Weitere Zielsetzungen von Prozesssimulationen sind die Visualisierung und Präsentation von Prozessabläufen, um Veränderungen und Auswirkungen auf andere Objekte des Geschäftsprozesses zu beobachten [NRS02]. Die *kennzahlenbasierte* Simulation von Geschäftsprozessen dient der methodisch fundierten Ableitung von relevanten Aussagen über das Verhalten eines Geschäftsprozesses. Über Kennzahlen erfolgt eine objektive Bewertung von alternativen Abläufen durch quantifizierbare Ergebnisse. Die Simulation erfasst verschiedenartige Kennzahlen und gibt sie als Outputdaten an. In einer ersten Kategorie lassen sich Mengen- und wertmäßige Kennzahlen einordnen. Dazu zählen bspw. die Häufigkeit der Aktivierung von einzelnen Prozessinstanzen, mittlere Durchlaufzeiten oder Auslastungsgrade. Eine zweite Kategorie sind instanzbezogene Maßgrößen wie Start- und Endzeitpunkte von Prozessteilen. Eine weitere Kategorie bilden ressourcenbezogene Kennzahlen [NRS02]: Die Ausführung von Aktivitäten eines Geschäftsprozesses beansprucht eine bestimmte Zeitdauer und erfordert einen Einsatz von Ressourcen, die in bestimmter Qualität und Quantität benötigt werden und deren Nutzung Kosten verursacht. Wichtige Kennzahlen im Rahmen der quantitativen Analyse sind Zeitgrößen (*Durchlaufzeit, Bearbeitungszeit, Wartezeit, Ressourcenauslastung*) und Kostengrößen (*Bearbeitungskosten, Wartekosten*).

8.2.1 Petri-Netz basierte Prozesssimulation

Das dynamische Verhalten von Geschäftsprozessen analysieren Petri-Netz-basierte Simulationsexperimente [Er02]. Die Zielsetzung ist eine quantitative Analyse der Geschäftsprozessmodelle und eine integrierte Validierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsobjekten (Ablauf- und Objektbeschreibungen) im Hinblick auf eine Verbesserung [Ob96a]. Petri-Netze bilden eine mathematisch fundierte Modellbeschreibungs- und Analysesprache für diskrete, dynamische Systeme [ZPK07]. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie strukturelle und dynamische Eigenschaften eines Systems in einem mathematischen Modell abbilden und analysieren [St90]. Petri-Netze eignen sich daher zur Beschreibung und Simulation von Geschäftsprozessen. Die Schaltregeln der Transition erlauben eine einfache Modellie-

rung komplexer Abläufe. Transitionen zeitbehafteter Petri-Netze stellen einen zeitbeanspruchenden Vorgang dar. Damit wird die Ausführungsdauer variiert und individuell festgelegt. Das Prozessverhalten ergibt sich aus der Prozessstruktur und den lokalen Schaltregeln. Durch die Definition unterscheidbarer Prozessobjekte (Marken in Petri-Netzen) und durch die Nebenläufigkeit wird die Abbildung realer Abläufe ermöglicht. Unabhängige Abläufe und damit mehrere Instanzen lassen sich gleichzeitig abbilden. Die Simulation von Petri-Netzen erzeugt Markierungsfolgen eines Netzes auf der Basis einer Startmarkierung. Die Folge der durchlaufenen Zwischenmarkierungen wird als Ergebnis einer Simulation grafisch dargestellt [Ob96a]. Durch Petri-Netz-basierte Simulationsexperimente lassen sich methodisch fundiert relevante Informationen über das Verhalten von Geschäftsprozessen mit vorgegebenen Anfangs- und Nebenbedingungen wie spezifizierte Werte von Metriken ableiten. Um Geschäftsprozesse zu simulieren, werden als Input zusammenhängende, vollständige und syntaktisch korrekte Geschäftsprozesse auf der Basis von Petri-Netzen sowie eine Menge von Prozessobjekten und anderen Ressourcen als Startmarkierung benötigt. Die Simulation ist für Geschäftsprozesse mit einer hohen Durchlaufintensität und Dynamik geeignet [Kü99]. Für eine simulative Analyse wird die Modellierung von Geschäftsprozessen mit oder ohne Ausnahmebehandlung vorgeschlagen [Me06, Tr11]. Bei Wegfall der Ausnahmeregelung wird das reguläre Verhalten der modellierten Geschäftsprozesse betrachtet und das Eintreten von Ausnahmen ausgeschlossen. Die Simulationsläufe lassen unzulässige Zustände erkennen. Durch diese Art der Simulation werden „Best Cases“ simuliert und „optimale“ Simulationsläufe evaluiert. Bei Berücksichtigung der Ausnahmebehandlung, des Schaltens von Transitionen zur Ausnahmebehandlung und der Ausführung von Ausnahmebehandlungsprozessen sind beliebige Ausnahmebehandlungen zu simulieren. Durch unterschiedliche Parametrisierung werden plausible Zustände erreicht und „Worst Cases“ simuliert. Die auszuführenden Ausnahmebehandlungsprozesse bei Auftreten einer Ausnahmenbehandlung werden definiert und modelliert.

8.2.2 Softwaregestützte Prozesssimulation

Die softwaregestützte Simulation ermöglicht die graphische Visualisierung des dynamischen Verhaltens eines Geschäftsprozesses und dessen Struktur. Die simulationsbasierte Visualisierung des Verhaltens von Geschäftsprozessen führt bei Fachanwendern und Modellierern zu einem verbesserten Gesamtverständnis [Zi01]. Die Durchführung einer *softwaregestützten Simulation* erfolgt interaktiv oder automatisiert. Die *interaktive Simulation* zeigt dem Benutzer des Softwarewerkzeugs alle aktivierten Transitionen grafisch an und der Benutzer wählt selbst aus, welche Transitionen als Nächstes schalten sollen. Diese Prozedur wird solange wiederholt, bis eine tote Markierung erreicht oder der Simulationslauf durch den Benutzer manuell beendet wird. Die interaktive Simulation eignet sich zum Durchspielen der ausgewählten Folgen von Aktivitäten und zur Erkennung von Ausnahmesituationen. Durch die *automatisierte Simulation* mit Petri-Netzen ist eine Analyse der quantitativen Aspekte eines Geschäftsprozessmodells durchführbar [Ob96a]. Bei der automatisierten Simulation übernimmt die Kontrolle ein maschineller Simulator, der das Schalten von aktivierten Transitionen steuert. Die Analyse von Petri-Netz-basierten Geschäftsprozessen durch eine softwaregestützte Simulation mit einer wiederholten, compu-

tergestützten Ausführung eines Petri-Netzes ist eine zentrale quantitative Methode. Im Rahmen eines Simulationsexperiments werden mehrere Geschäftsprozessinstanzen erzeugt und analysiert¹⁷⁵. Die automatisierte Ausführung einer Simulation bietet sich bei Geschäftsprozessen mit vielen Ablaufvarianten oder einer großen Anzahl an Transitionen an [Ob96a]. Für die Simulation komplexer Prozessmodelle oder großer Zeiträume haben sich automatische Simulationen als sinnvoll erwiesen, da die häufig unüberschaubare Anzahl schaltender Transitionen bei der interaktiven Simulation einen überproportional hohen Zeitaufwand erfordert. Typischerweise wird eine softwaregestützte Simulation nicht grafisch animiert und manuell ausgewertet, weil eher eine große Anzahl von Simulationsläufen innerhalb eines Simulationsexperiments durchzuführen ist, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Simulationsergebnisse werden in einer Simulations-Datenbank gespeichert und durch Datenbank-Anfragen ausgewertet [Ob96a]. Innerhalb der softwaregestützten Simulation werden die *kontinuierlichen* (zeitgesteuerten) und *diskreten* (ereignisgesteuerten) Simulationen unterschieden (siehe Abbildung 116).

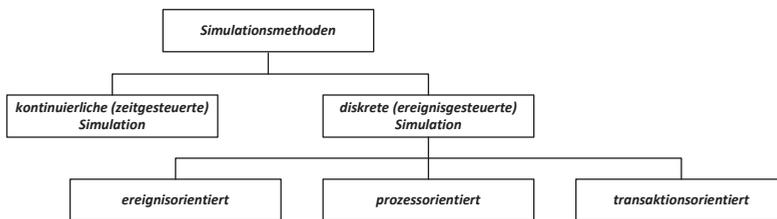


Abbildung 116: Klassifizierung von Simulationsmethoden [VDI96a]

Die kontinuierliche Simulation bildet stetige Prozesse ab. Der zeitliche Ablauf der Prozesse wird betrachtet. Anwendungsfelder sind biologische oder physikalische Gesetzmäßigkeiten [Gi99]. Die diskrete Simulation untersucht den Folgezustand eines zu simulierenden Systems nach spezifischen Ereignissen, die durch zufällig ermittelte Zeitintervalle hervorgerufen werden. Bei diskreten Verfahren treffen Ereignisse nur zu bestimmten, endlich vielen Zeitpunkten ein, bei einer stetigen Simulation sind die Zustände in unendlich kleinen zeitlichen Abständen messbar [Th03]. Die diskrete Simulationsmethode lässt sich in ereignis-, aktivitäts-, prozess- oder transaktionsorientierte Simulationsmethoden untergliedern. Für eine Verbesserung von Geschäftsprozessmodellen in Bezug auf Reduzierung von Zeit und Kosten wird in der Arbeit eine softwaregestützte Simulation vorgeschlagen. Die gezielte Auswahl von Startmarkierungen und Prozessparametern für die Simulationsexperimente leitet sich über eine methodische Analyse von abstrahierten Prozessmodellen ab [Le03a]. Die Ausführung von Simulationsläufen und deren Auswertung wird in Abhängigkeit der gewählten Startmarkierung erzeugt [DOZ+97, Zi01]. Bei der softwaregestützten Simulation beeinflussen die festgelegte Startmarkierung und die simulationsspezifischen Parameter, wie bspw. die Schaltreihenfolge von Transitionen [Ba97], die Zeitbedingungen wie Schaltdauer oder Startzeitpunkte [MP04, Ob90, St05] oder die Wahrscheinlichkeitsbedingungen für das Schaltverhalten von Transitionen (stochastische Parameter) [Ba97,

¹⁷⁵ Simulationsexperimente bauen auf der *Warteschlangentheorie* sowie auf der *Erreichbarkeitsanalyse* auf. Petri-Netze können mit Wahrscheinlichkeiten annotiert (z. B. *Stochastische* oder *Generelle Stochastische Petri-Netze (SPN und GSPN)* [Di09a]) und als *Markovketten* interpretiert werden. Geschäftsprozessinstanzen durchlaufen einen bestimmten Pfad des Erreichbarkeitsgraphen.

MP04] und die daraus resultierende Schaltreihenfolge. Es werden geeignete Start- und erwartete Endmarkierungen für spezifische Testfälle erzeugt. Durch die softwaregestützte Simulation lassen sich die Vollständigkeit und Korrektheit eines Petri-Netzes nicht grundsätzlich verifizieren. Es werden im Rahmen eines Simulationsexperimentes mehrere Geschäftsprozessinstanzen erzeugt, die einen bestimmten Pfad des Erreichbarkeitsgraphen durchlaufen und aus bestimmten Auswahlentscheidungen resultieren, die auf unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen basieren. Aussagen, die im Rahmen von Simulationsexperimenten entstehen, können zwar widerlegt, nicht aber bewiesen werden.

8.2.3 Bewertung der Prozesssimulation

In der betrieblichen Praxis wird die Simulation von Geschäftsprozessen zur Verbesserung und Effizienzsteigerung verwendet. Gesamtdurchlaufzeiten und Gesamtprozesskosten werden bewertet. Die Kapazitätsplanung wird durch die Möglichkeit unterstützt, alternative Ressourcenkonfigurationen und deren Allokation zu simulieren und darauf aufbauend die Auswirkungen beispielsweise auf Durchlaufzeiten und Ressourcenauslastungen zu identifizieren. Lenz [Le03a], Mevius [Me06], Oberweis [Ob96a] und Zimmermann [Zi01] nennen Vor- und Nachteile der Durchführung von Simulationsexperimenten gegenüber Experimenten am realen System (siehe Tabelle 18):

Tabelle 18: Vor- und Nachteile der Simulation

	<i>Vorteile</i>		<i>Nachteile</i>
+	iterative Vorgehensweise mit dynamischer Anpassung (evolutionäre Entwicklung bzw. prospektive Analyse) für eine kontinuierliche Verbesserung [Le03a, Ob96a]	-	schwierige Informationsbeschaffung (empirische Erhebung von Simulationsdaten und Kennzahleninformationen für eine realitätsnahe Modellparametrisierung der Simulationsläufe) für eine gezielte Wahl von Parametern und aufwendige Parametrisierung von Simulationsläufen für realitätsnahe Abbildung
+	Parametrisierung wird durch Anwender determiniert	-	aufwändiger Modellentwicklungsprozess
+	Testen von beliebigen Alternativen durch reproduzierbare Experimente und von kurzfristige Änderungen	-	Durchführung vieler Simulationsläufe vor der Durchführung von Simulationsexperimenten für die Findung einer optimalen, passenden Lösung nach Systemparametern
+	Analyse und Qualitätskontrolle von Kosten, Bedarf und Verbrauch von Ressourcen [Er02], Zeitgrößen, Flaschenhälse	-	Abweichungen zur Realität durch die Abbildung vereinfachter Ausschnitte lassen Unsicherheiten über die Korrektheit der Ergebnisse entstehen
+	systematische Überprüfung und Validierung von Geschäftsprozessmodellen und korrespondierenden Prozessobjekten	-	schwierige Einhaltung der Isomorphie zwischen Simulationsmodell und Realität (Zielkonflikt zwischen Abbildungsgenauigkeit und der Abstraktion der Realität)
+	Identifikation von Planungsrisiken und möglichen Fehlplanungen [Ba90, Bo92]	-	erschwerter Interpretation von Simulationsergebnissen
+	Validierung von ex ante definierten Aussagen	-	Unsicherheit und Qualitätseinfluss durch Abhängigkeit von Kompetenz des Modellierers (Erfahrung und Ausbildung)
+	geringerer, zeitlicher Vorbereitungs Aufwand	-	aufwändige, empirische Erhebung von Kennzahleninformationen für eine realitätsnahe Kalibrierung der Simulationsmodelle
+	kürzere Ausführungszeit bei geringeren Kosten und geringeren Risiken	-	Simulationsergebnisse erzielen nicht zwangsläufig die wirtschaftlich beste Lösung aus betriebswirtschaftlicher Betrachtung
+	Quantifizierung von Leistungslücken und Fehleranfälligkeiten		
+	Erkennung von redundanten, nicht-wertschöpfenden Aktivitäten und Automatisierungspotenzialen		

8.2.4 Iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation

Zur Durchführung von Simulationsexperimenten wird ein *iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation* vorgeschlagen. Die Zielsetzung dieses iterativen Vorgehensmodells ist die Analyse von Geschäftsprozessmodellen auf der Basis von simulativen Analysedaten¹⁷⁶. Existierende Vorgehensmodelle in der wissenschaftlichen Literatur für die Prozesssimulation (Banks et al. [Ba90, BCN+05], von Haaren [Ha08b], Heinzl und Brandt [HB99], Mevius [Me06], Neumann et al. [NRS02], und Schuster [Sc12a]) wurden analysiert und ein gemeinsamer Ansatz entwickelt. Für eine Prozessleistungsanalyse der Geschäftsprozesse durch Prozesssimulation werden Kennzahlen als Kriterien festgelegt und ausgewertet. Kritische Faktoren werden spezifiziert, Haupteinflussfaktoren bestimmt. Die Performanceanalyse der Geschäftsprozesse erfolgt über Prozesskennzahlen als Beurteilungsgrößen. Prozesskennzahlen mit einem Kennzahlensystem¹⁷⁷ dienen zur Lenkung und Überwachung der Unternehmensprozesse. Den Prozesssimulationsansatz unterstützen bspw. Kennzahlen wie

- *Prozesszeiten* (z. B. Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten, Zeit pro Prozessdurchlauf, Reaktionszeiten)
- *Prozesskosten* (z. B. Kosten pro Prozessdurchlauf, Kosten pro Beschaffungsvorgang, Kosten pro Bestellung, Kosten pro Auftragsbearbeitung)
- *Prozessqualität* (z. B. Fehllieferungsquote, Anzahl an Reklamationen, Termintreue, Anzahl an Informationsrückkopplungen)
- *Prozessdurchgängigkeit* (z. B. Anzahl an Schnittstellen in Prozessen, Anzahl an IT-Schnittstellen, Parallelisierungsgrade, Anzahl an Bestellungen pro Monat, Anzahl an Positionen pro Bestellung)

Durch die Simulation von Geschäftsprozessen werden mögliche Muster erkannt. Die Simulation ist über einen längeren Zeitraum auszuführen. Für eine Verifizierung gilt die Analyse der Transformation des Prozessmodells in ein Simulationsmodell. Bei einer Validierung werden die Abbildungstreue des Prozessmodells und die Genauigkeit der Simulationsparameter auf der Basis der Simulationsergebnisse betrachtet. Die Beobachtung der Simulation erfolgt unter definierten Messgrößen in definierten Zeitintervallen. Die Ergebnisse werden protokolliert und weitere Simulationsläufe mit geänderter Parametrisierung durchgeführt. Unterschiedliche Varianten von Simulationsmodellen lassen sich bilden. Für die Simulationsexperimente werden stochastische Simulationsmodelle mit identischer Startmarkierung simuliert und analysiert. Die beschriebene Vorgehensweise erweitert und

¹⁷⁶ Herfurth et al. [HSW12c, HSW13a] schlagen einen erweiterten Ansatz für das *simulationsgestützte Prozessbenchmarking* vor. In der industriellen Dienstleistungsbeschaffung werden Dienstleistungsanbieter als Benchmarking-Partner verglichen („gebenchmarkt“), um die Prozessleistungen in der Dienstleistungsbeschaffung zu verbessern. Ein Benchmark erfolgt zwischen den in der Dienstleistungsbeschaffung unterschiedlichen Dienstleistungsbeschaffungstypen oder zwischen der Dienstleistungsbeschaffung und der Sachgüterbeschaffung eines Dienstleistungsanbieters und des Dienstleistungsnachfragers. Verschiedene Simulationsmodellvarianten von Simulationsmodellen werden dazu simuliert und miteinander verglichen. Bilaterale und multilaterale Kollaborationen lassen sich durch die simulative Analyse einem Benchmarking unterziehen, um wichtige Unterschiede in den Serviceprozessen zu bemessen.

¹⁷⁷ *Kennzahlensysteme* als Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Kennzahlen (Ursache-Wirkungsbeziehung) können nach logischen Beziehungen, empirisch-theoretischen Aussagen oder empirisch-induktiv hergeleitet werden [Me06].

detailliert ein phasenorientiertes Vorgehensmodell für die Analyse, Modellierung, Simulation und Benchmarking von Geschäftsprozessen. Den zyklischen Ablauf des Vorgehensmodells mit seinen unterschiedlichen Phasen stellt die Abbildung 117 dar. Das iterative Vorgehensmodell definiert sieben Phasen, die im Folgenden erläutert werden.

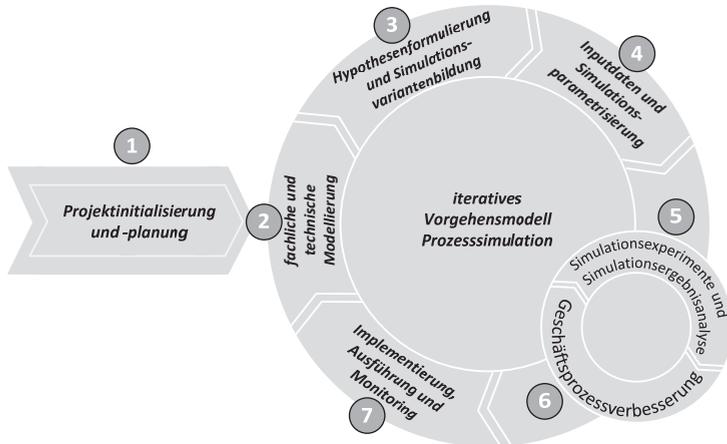


Abbildung 117: Iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation

8.2.4.1 Projektinitialisierung und -planung

Die Phase der *Projektinitialisierung und -planung* legt die organisatorischen Rahmenbedingungen des Projekts fest. Sie bestimmt die grundsätzliche Zielsetzung des Projekts, den Projektumfang und die involvierten Mitarbeiter und Organisationseinheiten. Daten- und Informationslieferanten werden identifiziert und die projektspezifischen Rahmenbedingungen wie Ressourcen, Budget und zeitlicher Rahmen festgelegt. Von einer strategischen Planungsebene des Unternehmens aus werden Ziele schrittweise spezifiziert, aus denen sich Feinziele auf der taktischen und operativen Ebene ableiten lassen. Den Umfang eines Simulationsexperiments legen definierte Simulationsobjekte fest. Dazu zählen der Untersuchungsbereich, die Auswahl an Geschäftsprozessen, eingesetzte Ressourcen, Kennzahlen als Beurteilungsgrößen und die eingesetzten Methoden. Für die Modellierung und Simulation der Geschäftsprozesse stehen eine Modellierungssprache (z. B. *Service-Netze*) sowie ein Modellierungs- und Simulationswerkzeug wie bspw. *Horus* zur Verfügung. Die Zielsetzung wird definiert. Der Aufwand zur Durchführung soll mit dem erhofften Nutzen korrelieren. Formale Anforderungsspezifikationen und die Simulationsumgebung sowie Kennzahlen werden definiert. Auf der Basis der Aussagen erfasster Kennzahlen lassen sich Fehlplanungen frühzeitig erkennen und das Planungsrisiko vor einer Implementierung verringern. Kennzahlen repräsentieren quantifizierbare Ergebnisse, die eine objektive Bewertung zulassen und zu einem besseren Gesamtverständnis der Geschäftsprozessmodelle führen. Der Prozessinput und -output von den zu untersuchenden Geschäftsprozessen wird während der Datenerhebung und -sammlung definiert. Die Prozessabläufe werden analysiert und die Daten erhoben und gesammelt.

8.2.4.2 *Fachliche und technische Modellierung*

Die *fachliche Modellierung* in dieser Phase sieht vor, Geschäftsprozesse und Prozessobjekte zu modellieren und die *technische Modellierung*, technische Rahmenbedingungen zu definieren. Daraus resultieren Anforderungen an Ressourcen. Die hierarchische Modellierung beschreibt Geschäftsprozesse auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen (vgl. Kapitel 6), um einen Überblick über die modellierten Geschäftsprozesse zu sichern. Geschäftsprozesse werden zunächst auf einer grobgranularen Ebene modelliert und anschließend die komplexen Aktivitäten schrittweise verfeinert. Verschiedene, klar definierte Prozessebenen stellen die Vergleichbarkeit von Kennzahlen für den Benchmark sicher. So unterstützt die Erstellung von hierarchischen Geschäftsprozessmodellen einen adäquaten Leistungsvergleich. Die Modularisierung durch die Zerlegung der Gesamtprozesse in standardisierte Teilprozesse unterstützt die Dekomposition und Zuweisung von Prozessen. Je detaillierter die Zerlegung des Gesamtprozessmodells in kleine Komponenten mit gleichen Ein- und Ausgaben ist, desto eher lassen sich die Geschäftsprozesse detaillierter analysieren. Durch den Vergleich der Teilprozesse und Aktivitäten wird eine Gesamtbewertung abgeleitet.

8.2.4.3 *Hypothesenformulierung und Simulationsvariantenbildung*

Hypothesen werden als zu überprüfende Vermutung für jedes Simulationsexperiment definiert. Sie formulieren vermutete Verbesserungen, die über einen längeren Simulationszeitraum in Simulationsexperimenten beobachtet und überprüft werden. Die Hypothesen lassen sich durch eine Simulation der modellierten Geschäftsprozesse validieren. Dazu werden Prozessvarianten der Geschäftsprozessmodelle gebildet.

8.2.4.4 *Inputdaten und Simulationsparametrisierung*

In der Phase *Inputdaten und Simulationsparametrisierung* werden die benötigten Daten als Input für die Geschäftsprozessmodelle und die Simulation erhoben. Simulationsparameter lassen sich auf Basis von vorliegenden empirischen Messdaten, Erfahrungswerten oder bereits durchgeführten Simulationsläufen bestimmen. Vor jeder erneuten Durchführung von Simulationsexperimenten werden die Simulationsmodelle oder die Parametrisierung adäquat den zuvor erzielten Ergebnissen angepasst, um mögliche Verbesserungen untersuchen zu können. Die Integration von Zufallszahlen erzeugt in Simulationsexperimenten unterschiedliche Prozessergebnisse. Ein Geschäftsprozessmodell wird auf der Basis von Wahrscheinlichkeitsverteilungen mehrfach mit unterschiedlicher Parametrisierung instanziiert (*Ankunftsrate* oder *Instanzierungshäufigkeit*). Die Ankunftsrate legt fest, in welchen Zeitintervallen neue Instanzen des Geschäftsprozessmodells erzeugt werden. Für die Simulationsexperimente ist jede Variante wiederholt durchzuführen, um Schwankungen auszugleichen und kurzfristigen Abweichungen entgegenzuwirken.

8.2.4.5 *Simulationsexperimente und Simulationsergebnisanalyse*

In dieser Phase werden die Simulationsläufe durchgeführt. Ein erstes schrittweises Durchlaufen der Prozesse dient der Kontrolle der Logik des modellierten Ablaufs. Aktuell bearbeitete Prozessteile und Funktionen werden visuell hervorgehoben, sodass der Anwender

an Verzweigungen im Prozess exakt beobachten kann, welchen Weg die Objekte durchlaufen. Nach dieser schrittweisen Ausführung wird der Prozess nach Zielsetzung über einen längeren Zeitraum automatisiert durch eine softwaregestützte Simulation simuliert. Die Simulationsergebnisse werden aufbereitet, analysiert, interpretiert und durch statische Datenanalysetechniken bewertet. Schwachstellen und Verbesserungspotenziale im modellierten Geschäftsprozessmodell werden identifiziert. Die Eingangsdaten, Methoden, Simulationswerkzeuge und Ergebnisse werden dokumentiert und die Simulationsdaten durch Grafiken, Histogramme und Charts dargestellt. Es findet eine Untersuchung aller gebildeten Simulationsvarianten statt. Bei Bedarf wird zurückgesprungen und es werden neue Simulationsvarianten gebildet.

8.2.4.6 *Geschäftsprozessverbesserung*

In der Phase der *Geschäftsprozessverbesserung* werden identifizierte Verbesserungen aus der Simulation umgesetzt, Verbesserungsziele definiert und Prozessalternativen generiert. Zielvereinbarungen von Verbesserungszielen werden formuliert. Die Ermittlung alternativer Prozessabläufe identifiziert verbesserte Prozessstrukturen und setzt sie um. Das Prozessmodell wird mit alternativen Parametern konfiguriert, um einen Vergleich zwischen verschiedenen Konfigurationen und deren Implikationen auf das Prozessmodell zu ermöglichen.

8.2.4.7 *Implementierung, Ausführung und Monitoring*

Die verbesserten Prozessabläufe werden implementiert und in den operativen Betrieb überführt. Ein permanentes Monitoring wird installiert. Auf der Basis der im Vorfeld definierten Ziele und deren Kennzahlen erfolgt eine kontinuierliche Überwachung. Dabei sind wichtige Faktoren wie das Change Management sowie die Einarbeitung und Schulung betroffener personeller Ressourcen zu berücksichtigen.

8.3 Modellierung und Simulation von Serviceprozessen mit *Horus*

Die simulationsgestützte Analyse von Serviceprozessen verlangt einen geeigneten grafischen Editor für die Modellierung und die Implementierung eines Simulationsmodells. Das Softwarewerkzeug soll die graphische Modellierung von Geschäftsprozessen und Serviceprozessen, Prozessobjekten und Serviceobjekten unterstützen. Ein Repository zur Vohaltung von Serviceprozessmodellen und Serviceobjekten ist notwendig. Die Modellierung von Rollen, Ressourcen, Prioritäten und/oder Inhibitorkanten soll möglich sein sowie die Integration von Zeitbedingungen, Prioritäten und Wahrscheinlichkeiten. Das Softwarewerkzeug hat die Modellierung von einfachen Petri-Netzen und höheren Petri-Netzen (XML-Netzen) mit hierarchischer Modellierung zu unterstützen. Ein grafischer Editor und Simulator mit einer grafischen Benutzerschnittstelle und eine angemessene Dokumentation des Funktionsumfangs sollen zur Verfügung stehen [Wi07a, WL06a]. Es existieren zahl-

reiche frei verfügbare Softwarewerkzeuge für Petri-Netze¹⁷⁸. Im Rahmen dieser Arbeit werden Service-Netze (SN) als Modellierungssprache für Serviceprozesse verwendet. Für die Modellierung von Serviceprozessen wird ein Petri-Netz-basiertes Softwarewerkzeug gewählt, das die Modellierung, Analyse und Ausführung von XML-Netzen unterstützt. Für die Modellierung von Service-Netzen wird ein zweistufiges Verfahren angewandt. Zunächst werden die Geschäftsprozessmodelle auf der Basis einfacher Petri-Netze modelliert. In einem weiteren Schritt werden XML-Schemata für Stellen und Filterschemata bzw. XSLT-Ausdrücke für Kanten, Transitionsinschriften und komplexe Serviceobjekte spezifiziert bzw. ihnen zugewiesen. Den gestellten Anforderungen an das Werkzeug zur Modellierung und Simulation von höheren Petri-Netzen wird das Softwarewerkzeug *Horus* [SVO+11] gerecht und lässt sich den spezifischen Anforderungen von Serviceprozessen adäquat erweitern¹⁷⁹. Die anderen existierenden Petri-Netz-basierten Werkzeuge unterstützen noch nicht XML-Netze, eine Variante der höheren Petri-Netze. Auf der Basis der definierten Anforderungen und theoretischen Grundlagen werden die im Softwarewerkzeug *Horus* spezifizierten und implementierten Komponenten und Plug-Ins vorgestellt.

8.3.1 Softwarewerkzeug *Horus*

Das Softwarewerkzeug *Horus*¹⁸⁰ ist ein kommerzielles, umfangreiches Softwarewerkzeug für die Modellierung, Analyse und Simulation von Geschäftsprozessen und wird von der Horus Software GmbH angeboten. *Horus* unterstützt die Modellierung von einfachen (S/T-Netze) und höheren Petri-Netzen (XML-Netze) und wird fortlaufend erweitert. Es ist in den Varianten *Horus Endeavour* und *Horus Enterprise* verfügbar. Eine spezielle Version von *Horus Endeavour* existiert als Freeware und wird in Kooperation mit den Forschungspartnern AIFB, dem FZI Forschungszentrum Informatik und dem *Institut für Datenbanken und Informationsmanagement (DBIS)* an der Universität Münster entwickelt. Die Forschungspartner, insbesondere das AIFB und das FZI, entwickeln das Softwarewerkzeug fortlaufend weiter und erweitern es um zusätzliche Plug-Ins¹⁸¹ auf der Basis von Eclipse. Neue Varianten und Erweiterungen von *Horus* werden als ausgereifte und getestete Softwareerweiterungen von den kommerziellen Varianten *Horus Endeavour* und *Horus Enterprise* übernommen.

Horus stellt folgende Funktionalitäten zur Verfügung:

- grafische Modellierung von einfachen und höheren Petri-Netzen und die Abbildung aller relevanten Aspekte der Geschäftsprozessmodellierung, wie z. B. Hierarchisie-

¹⁷⁸ Eine umfassende Übersicht über Petri-Netz-Editoren und -Simulatoren bietet die Petri Net Tool Database [PNTD12] an.

¹⁷⁹ Weitere verfügbare Petri-Netz-basierte Softwarewerkzeuge sind u. a. *CPN-Tools* [JKW07], *VIPTool* [DJL+03], *Woflan* [VA00] oder *YAWL-Tool* [AH05].

¹⁸⁰ *Horus* ist eine Neuentwicklung, die auf einem Software-Reengineering des Tools *INCOME2010* basiert. *INCOME2010* ist ein Framework zur Modellierung und Analyse von XML-Netzen. Es entstand am Institut AIFB als eine Weiterentwicklung auf der Grundlage von Eclipse als Nachfolger des Produkts *INCOME Suite*.

¹⁸¹ *Plug-Ins* sind in sich abgeschlossene Softwaremodule, die die Funktionalität eines Programms erweitern und über Schnittstellen eingebunden werden. Plug-Ins folgen dem Umsetzungsparadigma in der objekt-orientierten Programmierung der *Inversion of Control*.

rung, Standardinformationen für Modellierungselemente oder die Zuordnung von Rollen und Ressourcen zu Aktivitäten

- interaktive und automatisierte Simulation von Geschäftsprozessen
- Definition verschiedener Umgebungen für verschiedene Geschäftsprozessmodellsichten wie Ablaufmodelle, Organisationsmodelle und Objektmodelle
- Nutzung der Entwicklungsumgebung Eclipse und Prinzipien des *Model View Controllers (MVC)* Rahmenwerks: Trennung des Zustandes und der Daten einer Anwendung (Model) von ihrer Ansicht (View) und ihrer Manipulation (Controller) [GHJ+01]
- Durchführung der graphischen Repräsentation der Daten durch eigene Klassen für die jeweiligen graphischen Konzepte, Verwaltung der Konzepte durch *Graphical User Interfaces (GUIs)*

Die Petri-Netz-basierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten erfolgt mit dem **Horus Business Modeler (HBM)**. Ein Überblick über die Systemarchitektur von *Horus* liegt vor (Abbildung 118).

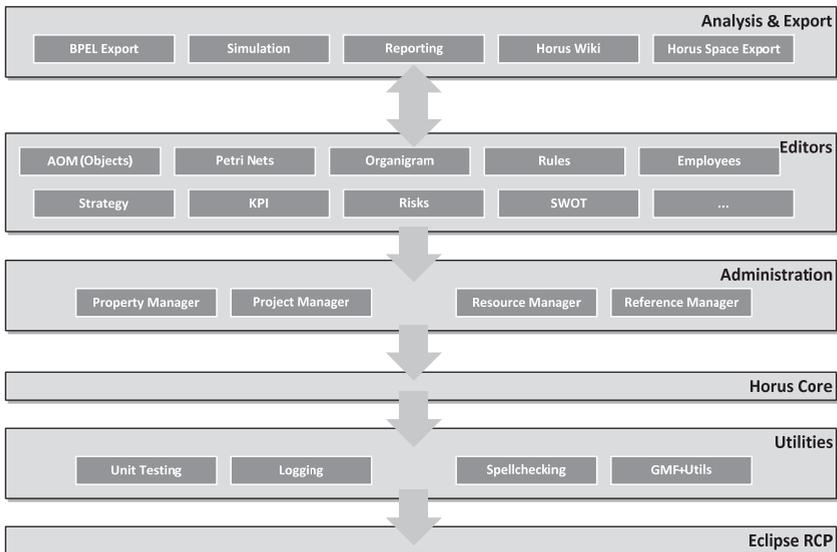


Abbildung 118: Systemarchitektur *Horus Business Modeler (HBM)* [Sc10a]

Der HBM stellt im Rahmen des ganzheitlichen Geschäftsprozessmanagements ein Softwarewerkzeug zur Modellierung von Geschäftsprozessen zur Verfügung und unterstützt unter anderem eine grafische Ablauf-, Organisations- und Objektmodellierung. Die Verknüpfung der erstellten Ablaufmodelle mit Ressourcen des Organisationsmodells und den Objekttypen des Objektmodells erfolgt über Querverweise. Die modellierten Geschäftsprozesse werden anschließend simuliert und iterativ verbessert. Die Simulation läuft für einen vom Benutzer definierten Zeitraum automatisiert ab. Zusätzlich lassen sich Petri-Netze um Zeitbedingungen, Wahrscheinlichkeiten, Kosten, Prioritäten und unterschiedliche Hierarchiestufen erweitern. Das Softwarewerkzeug wird aus Gründen der Plattformun-

abhängigkeit in Java entwickelt. Die GUI basiert auf den SWT- und JFace-Toolkits¹⁸² von Eclipse und der Graphenbibliothek JGraph¹⁸³. Anfragen auf XML-Schemata werden durch den *XQueryHandler* als XQuery-Anfrage geparkt und mit Hilfe von Saxon¹⁸⁴ ausgeführt. Zum Speichern und zum Austausch von XML-Netz-Modellen wurde als Erweiterung von *Petri Net Markup Language (PNML)* [ISO04, ISO11a]¹⁸⁵ das XML-basierte Austauschformat *XNML* entwickelt, in dem neben den graphischen Informationen der Netzelemente auch XML-Netz-spezifische Informationen wie Transitionsinschriften und Pfade der Schemata gespeichert sind [BKK+06, KLO08, LMO06]. *Horus* wird mit der Softwareentwicklungsplattform Eclipse entwickelt und es verwendet die umfangreiche Funktionalität des Eclipse-Projekts *Graphical Editing Framework (GEF)*. Jede Funktionalität, die *Horus* zur Verfügung stellt, ist in einem *Plug-In* gekapselt (siehe Abbildung 119).

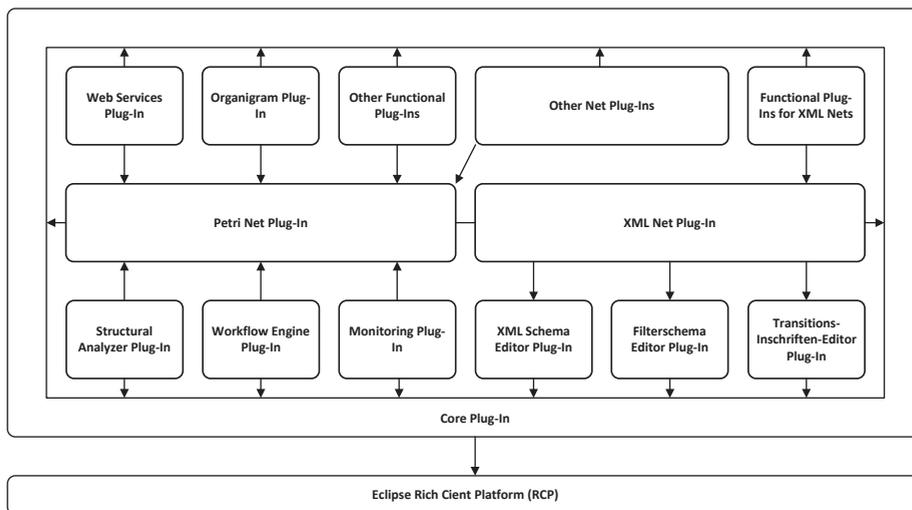


Abbildung 119: Plug-Ins von *Horus* [KLO08]

Eine Rich-Client-Anwendung ist ein Plug-In für die *Rich-Client-Plattform (RCP)*. Die Plattform bietet eine Grundlage, um Plug-In basierte Anwendungen zu erstellen. Eclipse ist auf OSGi-Prinzipien¹⁸⁶ aufgebaut, die die Modularität, den dynamischen und flexiblen Anwendungsaufbau und eine klare Trennung der Schnittstellen und der dazugehörigen Funktionalitäten zwischen den entwickelten Komponenten fördert. Üblicherweise wird das Eclipse OSGi Framework *Equinox* [WHK+08] zum Bundling der Komponenten eingesetzt. Eclipse bietet eine Reihe von Entwicklungstools, die den Aufbau eigener RCP-Anwendung erleichtern. Die Plug-Ins von *Horus* benutzen verschiedene Frameworks aus

¹⁸² *SWT (Standard Widgets Toolkit)* und *JFace* sind Java-Bibliotheken zur Erstellung einer graphischen Benutzeroberfläche (GUI) [SWT13].

¹⁸³ *JGraph* ist eine Java-Bibliothek zur Visualisierung von Graphen [JG13].

¹⁸⁴ *Saxon* ist ein XSLT- und XQuery-Prozessor [SA13].

¹⁸⁵ Die *Petri Net Markup Language (PNML)* ist ein XML-basiertes Austauschformat für Petri-Netz-Modelle und wurde durch den ISO-Standard ISO/IEC 15909 standardisiert [ISO11a, St05].

¹⁸⁶ Die *Open Services Gateway initiative (OSGi)* spezifiziert eine hardwareunabhängige dynamische Softwareplattform, die es erleichtert, Anwendungen und ihre Dienste per Komponentenmodell zu modularisieren und zu verwalten [WHK+08].

Eclipse-Projekten, zu denen bspw. *GEF*, *EMF* und *BIRT* gehören. Kernkonzept der Eclipse-Plug-In-Architektur sind Erweiterungspunkte (*Extension Points*). Plug-Ins stellen neue Funktionalitäten zur Verfügung, indem sie sich bei einem Erweiterungspunkt anmelden (*Extension*). Die Manifest-Datei `plugin.xml` beschreibt jedes Plug-In und definiert zugehörige Erweiterungspunkte, Erweiterungen und bereitgestellte Funktionalitäten.

Das *Core Plug-In* von *Horus* dient als Basis für andere Plug-Ins und stellt grundlegende Elemente bereit wie die Benutzeroberfläche durch Menüs und Werkzeugleisten sowie die zugehörigen Operationen, die der Benutzer ausführt. Das *Petri-Net-Plug-In* bietet die notwendigen Elemente und Methoden für die grafische Erstellung, Bearbeitung und animierte Simulation von Petri-Netz-Modellen. Es implementiert die spezifischen Benutzungsoberflächenelemente wie Menüs, Sichten und Werkzeugleisten und zugehörige Benutzeraktionen. Die Definition, Bearbeitung und Zuordnung von Rollen, Ressourcen und Dokumente sowie Prozesskennzahlen werden durch das Plug-In ausgeführt. Das *Petri-Net-Plug-In* ist eine Basiskomponente mit Grundfunktionalitäten, Erweiterungspunkten und Schnittstellen, die von anderen Plug-Ins erweitert und gemeinsam verwendet werden können. Das *Petri-Net-Plug-In* ermöglicht eine hierarchische Modellierung von Petri-Netz-Modellen durch die Verfeinerung von Transitionen mit Subnetzen. Auf jeder modellierten Hierarchieebene des Geschäftsprozessmodells sind Simulationsläufe durchführbar. Alle über Transitionen verfeinerten Subnetze eines Petri-Netz-Modells werden bei Simulationsläufen berücksichtigt. Das *Workflow-Plug-In* stellt eine Workflow Engine für die Ausführung von Geschäftsprozessmodellen bereit. Darauf aufbauend ermöglicht das *Web Services-Plug-In* die Ausführung von Geschäftsprozessen auf der Basis von WS-BPEL. Dazu verwendet das Plug-In SOA-Konzepte und stellt einen WS-BPEL-Generator bereit, um Petri-Netz-Modelle (teilweise) in einen ausführbaren WS-BPEL-Code zu konvertieren. Der WS-BPEL-Generator wird durch die Klasse `BPELGenerator.java` im Paket `generator` mit drei Parametern aufgerufen. Die Java-Klassen sind in den Paketen `bpel`, `generator`, `wsdl` und `petri` verteilt. Das Paket `petri` ist verantwortlich für den Import eines Web Service-Netzes und für die Transformation eines Web Service-Netzes in andere Modellierungssprachen wie EPKs. Mit Hilfe der Pakete `wsdl` und `bpel` werden WSDL-Dateien und WS-BPEL-Dateien aus anderen Quellen komponiert. Das Plug-In *XML-Net-Plug-In* ist mit den Plug-Ins *Core-Plug-In*, *Petri-Net Plug-In* und den *Editor-Plug-Ins* verknüpft. Operationen zur Modellierung, Bearbeitung und Simulation von XML-Netzen (z. B. Erstellung von XML-Schemata, Filterschemata und Transitionsinschriften) werden zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der Implementierung des XML-Net Plug-In wird für die Manipulation von XML-Datenobjekten die Programmiersprache XSLT zur Transformation verwendet. XSLT-Prozessoren parsen erstellte und zugewiesene Filterschemata und Transitionsinschriften. Die XSLT-Anweisungen werden durch den XSLT- und XQuery-Prozessor *Saxon* ausgeführt. Die Speicherung der Geschäftsprozessmodelle und Objektmodelle erfolgt in *Repositories*. Ein Repository kann ein lokales Dateisystem, eine lokale Datenbank oder eine über einen Server angebundene Datenbank sein. Dabei verfolgt *Horus* das sogenannte *Workspace-Konzept*. Alle einem Projekt zugehörigen Dateien werden in einer Ordnerhierarchie gespeichert. *Horus* implementiert den sogenannten *Reference Manager* für die Verwaltung und Zuordnung von Referenzen, Rollen und Ressourcen. Der Reference Manager verwaltet

Referenzen zwischen verschiedenen Petri-Netz-Modellen bei Verfeinerungen und die zugeordneten Rollen und Ressourcen, die für Geschäftsprozessmodelle generiert werden.

8.3.2 Modellierung von Serviceprozessen

Zur Modellierungsunterstützung für die in dieser Arbeit definierten Service-Netze wurde der Petri-Netz-Editor und XML-Netz-Editor um spezifische Funktionalitäten zur Modellierungsunterstützung erweitert. Der *ServiceProzess-Editor* (*SP-Editor*) nutzt die angebotenen Editoren-Funktionalitäten von *Horus* und erweitert die vorhandenen Klassen um spezifische Elemente. Es bestehen Erweiterungen

- der Klasse `Factory` für die Erzeugung von Modellen durch Konzepte zur Modellierung von Service-Netzen. Die Methode `createModel` wird um spezifische Stellen und Transitionen ergänzt.
- der Klasse `PetriNetEditPartFactory` für die Erzeugung von Prozessinstanzen. Die Methode `createEditPart` wird um die Methoden `PetriNetServiceProcurementPlaceEditPart` und `PetriNetServiceProcurementTransitionEditPart` ausgebaut.
- der Klasse `PetriNetXYLayoutEditPolicy` für die Zusammenstellung des Editorlayouts. Die Methode `getCreateCommand` wird um die Behandlung von Serviceprozessmodellen ausgeweitet.

Die neuen Klassen wurden implementiert und dem Java-Paket `edu.karlsruhe.horus.petrinets.serviceprocurement` zugeordnet. Neue Elemente erweitern die Menü- und Werkzeugleisten-Strukturen. Es bestehen Erweiterungen der

- *Menüstruktur* um die neuen Prozesskategorien *Serviceprozessmodelle* und *Serviceobjektmodelle*
- *Werkzeugleistenstruktur* um Stellen- und Transitionenkonzepten wie *SO-Stellen*, *SI-Stellen*, *SD-Stellen* sowie um *Serviceprozessphasen* und *Serviceprozessmodule* und der
- *Datenbankstruktur* um ein *Modeling Service Repository* für Serviceprozessmodelle und Serviceobjektmodelle

Der *SP-Editor* erweitert die vorhandenen Modellierungselemente um die neu entwickelten stereotypischen Erweiterungen für einfache und höhere Service-Netze der integrativen Servicemodellierung *iServMod* (siehe Kapitel 6). Die Menü- und Werkzeugleistenstruktur sowie die Modellierungsfläche sind abgebildet (Abbildung 120). Es werden *Serviceobjektstellen* ergänzt zur Unterscheidung von anderen Stellen, *Servicedokumentstellen* für die Zuweisung von Geschäftsdokumentschemata, *Serviceschnittstellen* für die Zuweisung von Prozessschnittstellen und erweitert um *Serviceprozessphasen* und *Serviceprozessmodule* zur Kapselung spezifischer Teilprozessschemata von Serviceprozessen.

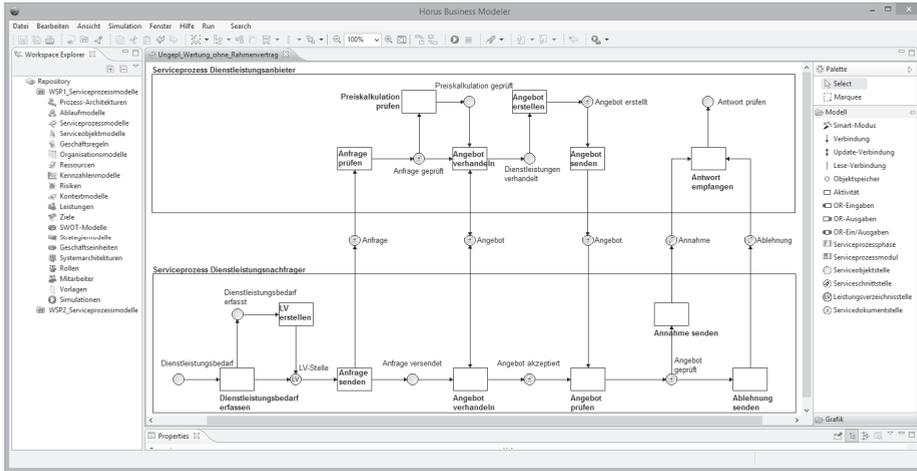


Abbildung 120: Menü- und Werkzeugleistenstruktur des SP-Editors

8.3.2.1 Modellierung von Stellentypen

Serviceobjektstellen sind als normale Stellen modelliert und bekommen kein vordefiniertes Objektschema zugewiesen. Den SO-Stellen höherer Service-Netze wird ein adäquates XML-Schema aus der Menge der Objektmodelle des *Modeling Service Repository* zugeteilt bzw. für sie ein individuelles Schema definiert. Für die Erzeugung einer Servicedokumentstelle wählt der Modellierer in einem Kontextmenü einen vordefinierten Servicedokumenttyp, um der SD-Stelle ein spezifisches Servicedokument-Schema zuzuweisen. In Abbildung 121 wird die SD-Stelle *Auftrag* erzeugt, indem der Servicedokumenttyp *Auftrag* auszuwählen ist. Auf eine SD-Stelle eines höheren Service-Netzes wird das vordefinierte Objektmodell des Auftragsdokuments übertragen.

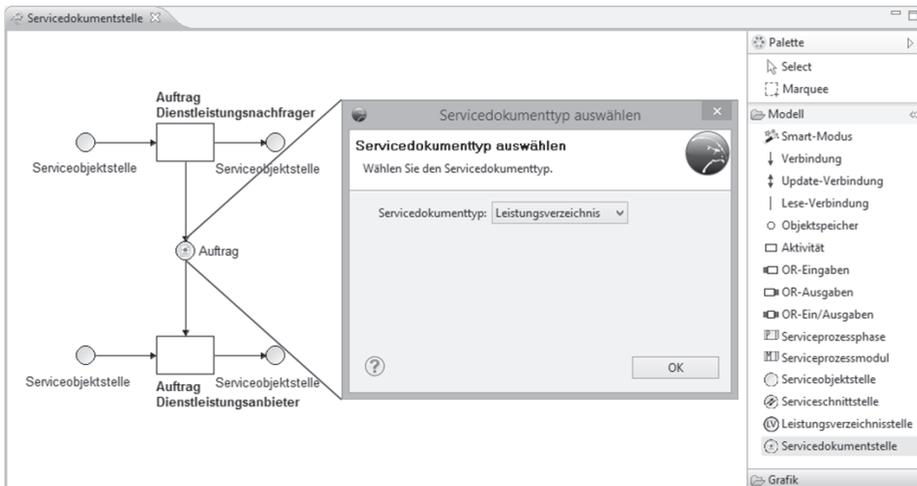


Abbildung 121: Modellierung einer Servicedokumentstelle und Zuweisung eines Dokumenttyps

Einer einfachen Serviceschnittstelle (SI-Stelle) eines höheren Service-Netzes wird bei ihrer Erzeugung das vordefinierte XML-Schema *eBusxchange* als Typisierung zugewiesen (siehe Kapitel 9). Die Modellierung einer dynamischen Serviceschnittstelle leitet einen Subprozess der transitionsberandeten Stelle ein, den eine vergrößerte Stelle repräsentiert (siehe Abbildung 122).

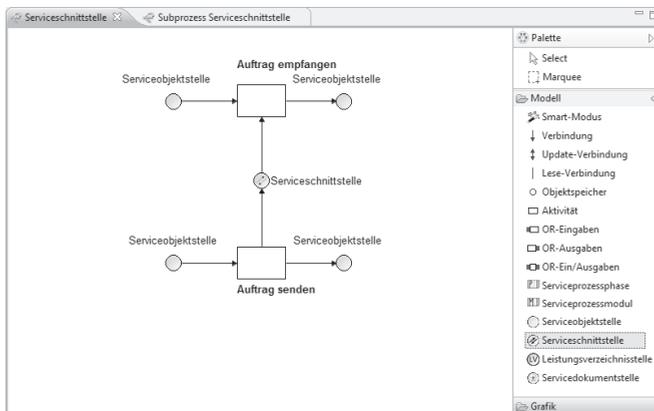


Abbildung 122: Modellierung einer dynamischen Serviceschnittstelle und Erzeugung eines Subprozesses

Der Rand des vergrößerten Service-Netzes wird übernommen und der zugehörige Subprozess ausmodelliert. In der Abbildung 123 ist ein Subprozess eines Web Services zur *Übertragung eines Auftrags* modelliert.

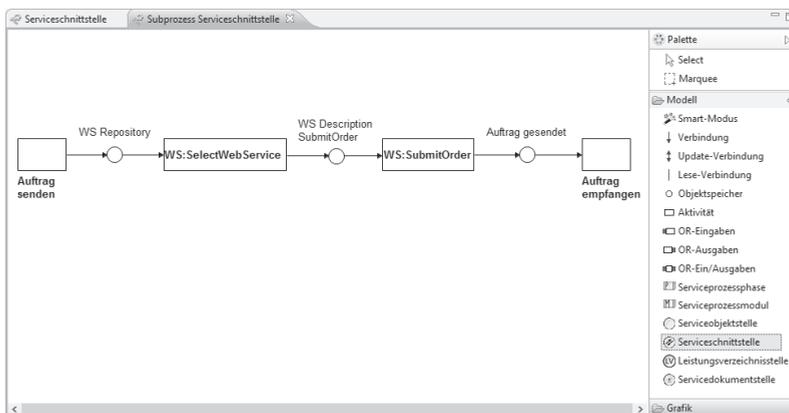


Abbildung 123: Subprozess der transitionsberandeten Serviceschnittstelle

8.3.2.2 Modellierung von Transitionstypen

Eine *Serviceprozessphase* wird durch eine vergrößerte Transition repräsentiert. Bei ihrer Modellierung werden Serviceobjektstellen und Servicedokumentstellen generiert (siehe Abbildung 124).

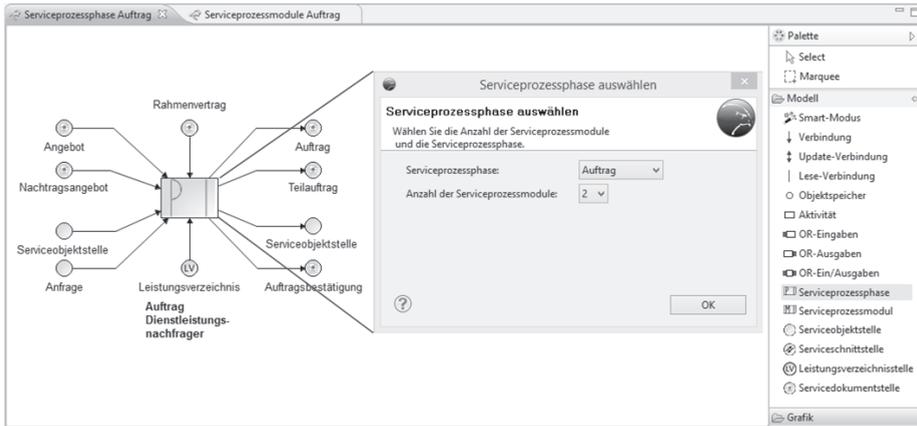


Abbildung 124: Modellierung einer Serviceprozessphase und Erzeugung der zugehörigen Serviceprozessphasen

Der Modellierer wählt die entsprechende Serviceprozessphase sowie die Anzahl der zu erzeugenden Serviceprozessmodule in einem Kontextmenü aus. Die zugehörigen Input- und Outputstellen werden automatisch angelegt. Ein aus Serviceprozessmodulen bestehender Subprozess wird generiert und die Input- und Outputstellen des Rands der zugehörigen Serviceprozessphase (stellenberandet) werden übernommen. Für die Erzeugung eines *Serviceprozessmoduls* lässt sich in einem Kontextmenü eine zugeordnete Serviceprozessphase auswählen. Ein Serviceprozessmodell des gekapselten Serviceprozesses eines Serviceprozessmoduls wird automatisch generiert und die Übernahme der Input- und Outputstellen des Rands des Serviceprozessmoduls (stellenberandet) eingeleitet (siehe Abbildung 125). Die Serviceprozessmodule werden durch den Modellierer nach dem Schichtenmodell [HKS08] weiter verfeinert und die kollaborativen Serviceprozesse für den Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager erzeugt.

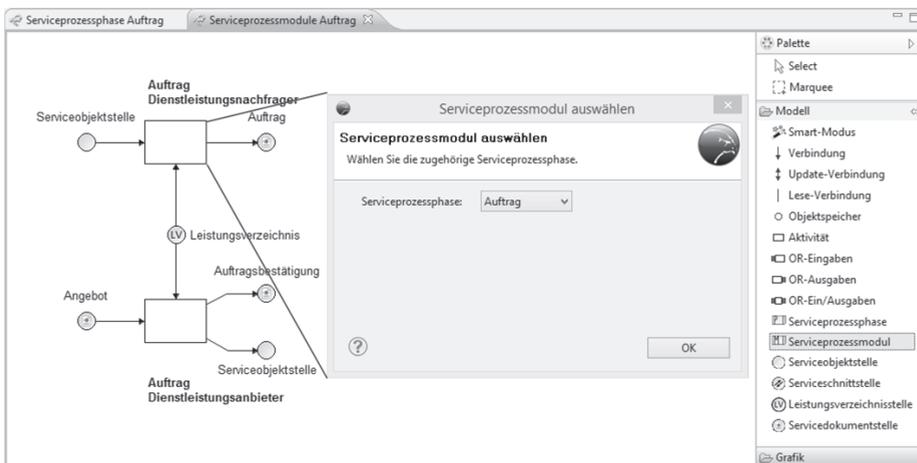


Abbildung 125: Modellierung eines Serviceprozessmoduls und Erzeugung des zugehörigen Subprozesses

8.3.3 Modellierung von Serviceobjekten

Zur Unterstützung der Modellierung von Serviceobjekten wurde die Benutzerschnittstelle für die Definition und Zuweisung von Objektschemata und Instanzen um spezifische Elemente erweitert. Die Benutzerschnittstelle ermöglicht den Zugriff auf das *Modeling Service Repository*. Es ermöglicht dem Modellierer, Datenmodelle und Instanzen von einfachen und komplexen Serviceobjekten zu modellieren. Die grafische Modellierung von Serviceobjekten erfolgt über die *Asset Oriented Modeling (AOM)*-Datenmodellierungsmethode [DM02], die durch das Softwarewerkzeug *Horus* zur grafischen Modellierung von Prozessobjekten bereits unterstützt wird. Die Datenmodellierungsmethode basiert auf dem *Higher Order Entity Relationship Model (HERM)* [Th89, TH05] und ermöglicht die Modellierung einfacher und komplexer Prozessobjekte. Komplexe, strukturierte Attribute und die Assoziation höherer Ordnung werden definiert. Im Gegensatz zu ER-Modellen wird nicht zwischen Entitäten und Beziehungen unterschieden, sondern *Assets* werden als Konzepte eingeführt. Prozessobjekte erhalten innerhalb der Anwendung der AOM-Methode die Bezeichnung *Geschäftsobjekte*¹⁸⁷. AOM bildet die Grundlage der graphischen Objektmodellierung des Softwarewerkzeugs *Horus*. Komplexe hierarchische Objekte werden definiert. *Horus* weicht von den Begrifflichkeiten der AOM-Datenmodellierungsmethode ab. Anstelle von *Assets* wird von *Objekten* gesprochen, *Arcs* (Kanten) werden als *Beziehungs- und Vererbungskanten* bezeichnet. Die Modellierungsmethode AOM lässt sich um die Konzepte der Unified Modeling Language (UML), des Entity Relationship (ER) und des erweiterten Entity Relationship (eER) ausweiten [SVO+11]. Für die Modellierung von Geschäftsobjektstrukturen existieren die folgenden Grundelemente:

- *einfache Geschäftsobjekte und komplexe Geschäftsobjekte*: Ein Objekt ist ein Container, um Attribute von Geschäftsobjekten in logische Einheiten zusammenzufassen. Ein eindeutiger Name, optionale Schlüssel, Attribute mit Datentypen und Bedingungen werden definiert. *Einfache Geschäftsobjekte* umfassen Attribute mit Datentypen, Schlüssel und einfachen Bedingungen. Es existieren keine Kanten, Sammelbedingungen oder Aggregationen zu anderen Objekten. Ein *Kopie-Objekt* unterstützt die übersichtlichere Darstellung komplexer Modelle. *Komplexe Geschäftsobjekte* erfassen alle Elemente wie einfache Geschäftsobjekte, enthalten aber Kanten, Sammelbedingungen oder Aggregationen zu anderen Geschäftsobjekten. Eine *Aggregation* fasst einzelne Geschäftsobjekte zu einem komplexen Geschäftsobjekt zusammen (siehe Abbildung 126). Jede Aggregation beinhaltet genau ein ausgezeichnetes *Wurzelobjekt*, um ein komplexes Geschäftsobjekt eindeutig zu identifizieren.

¹⁸⁷ Ein Objekt ist eine Entität eines Systems. Objekte, die betriebswirtschaftliche Entitäten eines Systems beschreiben, werden als *Geschäftsobjekte* bezeichnet. Sie kommen in einem bestimmten betrieblichen Anwendungsbereich und -kontext vor und strukturieren diesen Anwendungsbereich durch ihre Beziehungen und ihr Verhalten [Ba95].

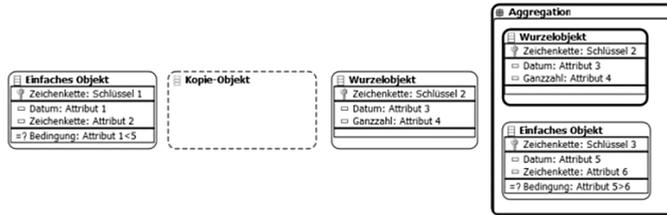


Abbildung 126: Einfaches Objekt, Kopie-Objekt, Wurzelobjekt und Aggregation

- *Beziehungs- und Vererbungskanten zwischen Geschäftsobjekten:* Eine Beziehungskante stellt eine Beziehung zwischen Objekten gemäß der Semantik im ER-Modell dar. Die Beziehungskante definiert *Kardinalitätsbeziehungen*. Eine *Vererbungskante* bildet eine Vererbung zwischen Geschäftsobjekten ab.
- *Sammelbedingungen für Beziehungskanten:* Sammelbedingungen werden zwischen Geschäftsobjekten und Beziehungskanten positioniert. Es existieren drei unterschiedliche Typen an Sammelbedingungen:
 - *XOR-Sammelbedingung:* Nur eine Beziehungsinstanz darf an XOR angeschlossenen Beziehungskanten vorhanden sein.
 - *OR-Sammelbedingung:* Mindestens eine oder mehrere Beziehungsinstanzen sind vorhanden.
 - *SIM-Sammelbedingung:* Bei einer angeschlossenen Beziehungsinstanz müssen auch für alle anderen angeschlossenen Kanten entsprechende Beziehungsinstanzen vorliegen.

Einfache und komplexe Geschäftsobjekte können in ein XML-Schema transformiert werden. Das Wurzelobjekt eines Geschäftsobjekts entspricht dem Wurzelobjekt der Baumstruktur des entstehenden XML-Schemas. Dazu muss vom Wurzelobjekt eines Geschäftsobjekts eine Baumstruktur ableitbar sein. Die Modellierung von Geschäftsobjekten wird um die Definition von Zyklen eingeschränkt. Geschäftsobjekte lassen sich als Marken den Stellen in XML-Netzen zuordnen. In Abbildung 127 und Abbildung 128 werden Beispiele von Serviceobjekten durch grafische Repräsentation mit AOM dargestellt. In der Abbildung 127 sind das Servicedokument *Auftragsdokument* als komplexes Geschäftsobjekt sowie das Objektmodell einer *Serviceschnittstelle* für höhere Service-Netze abgebildet. Das Geschäftsobjekt *order* repräsentiert das Hauptgeschäftsobjekt und definiert 1:1-Kardinalitätsbeziehungen zu den Geschäftsobjekten *BodyTotals* und *OrderHeader*. *BodyTotals* stellt ein Kopie-Objekt dar. *orderHeader* besitzt eine Vererbungsbeziehung zum Kopie-Objekt *Header*. Das Objekt *eBusxchange* ist mit den Objekten *Supplier*, *Requester*, *GeneralSpecInfo* und *Items* durch Kardinalitätsbeziehungen verknüpft.

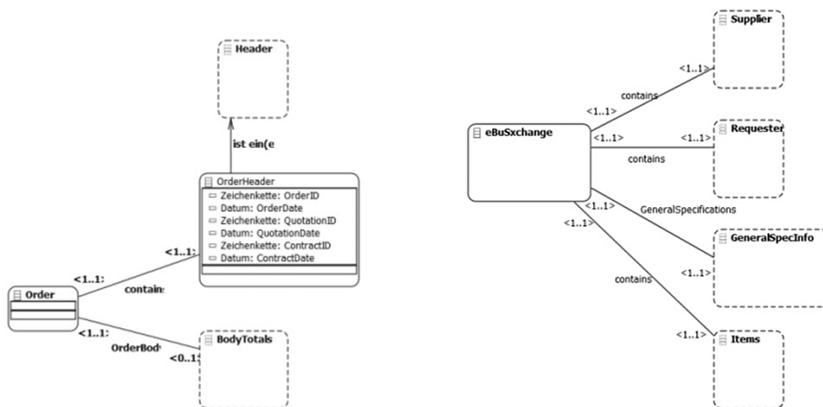


Abbildung 127: Auftragsdokument und Serviceschnittstelle eBuSxchange

In Abbildung 128 ist eine Dienstleistungsbeschreibung mit Hilfe der AOM-Methode dargestellt.

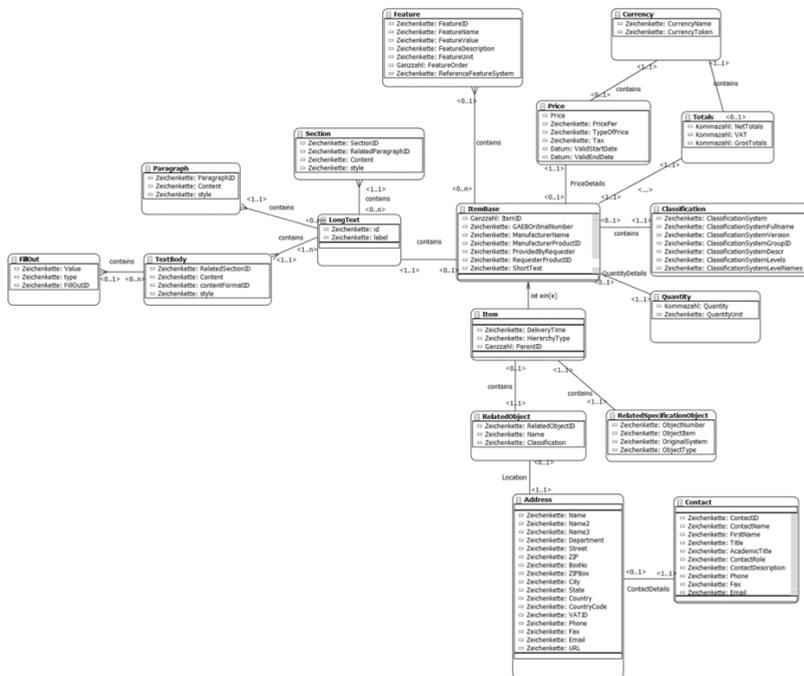


Abbildung 128: Dienstleistungsbeschreibung

itemBase bildet das zentrale Objekt und ist mit den Geschäftsobjekten LongText, Feature, Price, Classification und Quantity über 1:1- und 1:n-Kardinalitätsbeziehungen verbunden. Zwischen den Objekten itemBase und item besteht eine Vererbungsbeziehung. Das Geschäftsobjekt LongText definiert textuelle Beschreibungen und ist mit den Klassen TextBody, FillOut, Paragraph und Section verknüpft. Das Objekt Feature definiert Merkmale und Merkmalsstrukturen und ist mit dem Objekt itemBase über eine 1:n-Beziehung anei-

nanndergefügt. Die Objekte `Price` und `Totals` definieren Preisangaben und sind mit dem Objekt `currency` verbunden. Das Objekt `classification` spezifiziert Klassifikationsstrukturen. `quantity` definiert Mengenangaben. Das Objekt `item` erbt vom Objekt `itemBase` und ist mit den Objekten `RelatedObject` und `RelatedSpecificationObject` zusammengefügt. `RelatedObject` ist mit dem Objekt `Address` verknüpft, das wiederum mit dem Objekt `contact` verbunden ist.

8.3.4 Modeling Service Repository

Für die Modellierung, Analyse und Simulation von Serviceprozessen wurde auf der Basis der entwickelten domänenspezifischen Metamodellerweiterung (siehe Kapitel 5) die Modellierungsbibliothek *Modeling Service Repository* entwickelt (siehe Abbildung 129). Dem Repository sind die Modellierungsebenen E_0 und E_1 des Referenzprozessmodells *RPSP* vorbehalten. Der Modellierer kann diese Modellierungsebenen individuell anpassen und die auf der Modellierungsebene E_1 modellierten Serviceprozessphasen auf der Modellierungsebene E_2 weiter verfeinern. Das *Modeling Service Repository* stellt eine spezifische Menge an Serviceobjekttypen auf der Basis der Metamodellerweiterung *eMSP* zur Verfügung und bildet damit einen Sprachraum für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung, um einen durchgängigen elektronischen Geschäftsverkehr mit dem Daten- und Dokumentenaustausch zu beschreiben und die elektronische Interaktion zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern zu unterstützen. Eine zentrale Eigenschaft ist die Abbildung von Dienstleistungsbeschreibungen.

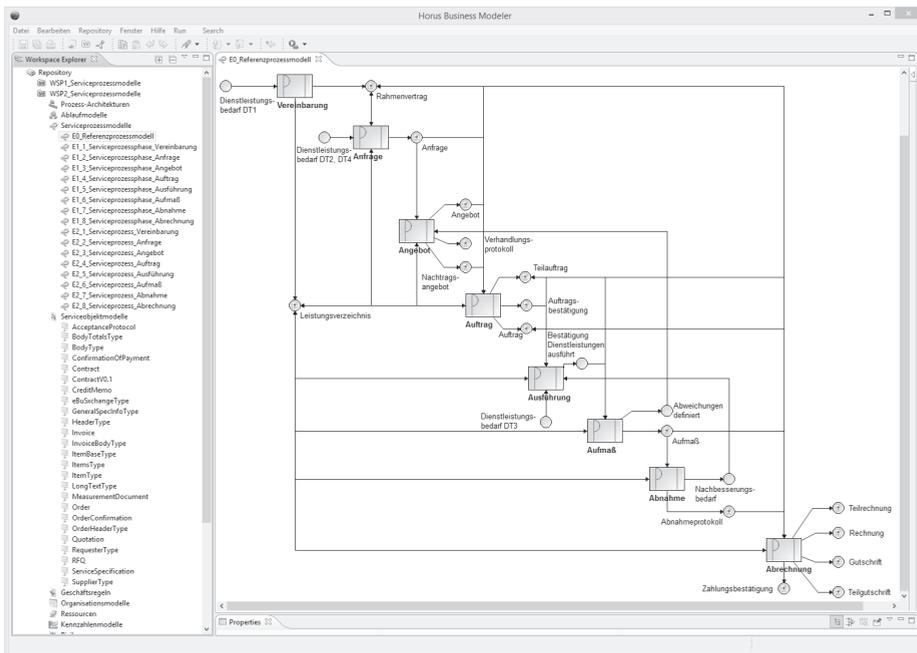


Abbildung 129: Modeling Service Repository

Das *Modeling Service Repository* dient als Bibliothek einfacher und komplexer Serviceobjekte, die Serviceobjekt-spezifischen Stellen zugewiesen werden. Die Modellierung dieser XML-basierten Datenobjekte und Dokumenttypen wird durch AOM grafisch visualisiert. Die Datenmodelle unterstützen die Typisierung spezifischer Stellen für Serviceprozesse auf der Basis von XML-Netzen. Für Serviceobjektstellen, Serviceschnittstellen und Servicedokumentstellen werden spezifische vordefinierte Datenmodelle verwendet (siehe auch Kapitel 9). Die Bibliothek wurde als Repository mit Hilfe einer Workspace-Definition implementiert. Serviceobjekte sind einfache und komplexe Geschäftsobjekte und als *Datenschema-Schablonen (Datenschema-Pattern)* vormodelliert und lassen sich beliebig erweitern, konfigurieren und modifizieren.

8.3.5 Simulationsumgebung für Serviceprozesse

Die Simulationskomponente der Modellierungs- und Analyseumgebung *Resource Analysis Environment (RAvEN)* [Sc12a] in Kombination mit der Modellierungsumgebung *Horus Business Modeler* [Sc10a, SVO+11] unterstützt die Simulation von Serviceprozessen und erweitert die verschiedenen Modelleditoren von *Horus* wie auch den *SP-Editor*. Sie werden durch eine Reihe weiterer Modelleditoren ergänzt, deren Modelle mit den Petri-Netzen verknüpft und die im Rahmen einer Simulation genutzt werden. Die Systemarchitektur basiert auf Eclipse Plug-In-Technologie [GB05]. Bei der Ausführung eines konfigurierten Simulationsexperiments wählt die Simulationskomponente von *Horus* aktive auf Schalthrscheinlichkeiten basierende Transitionen. Die Anzahl und die dazugehörigen Bedingungen von Marken in den Vor- und Nachbereichen von Transitionen werden berücksichtigt. Die Simulationsmodelle bilden eine flache Struktur der simulierten Geschäftsprozessmodelle ab: Verfeinerungen von Netzen (Subnetze) werden in das jeweilige übergeordnete Geschäftsprozessmodell integriert. Die Simulation wird solange ausgeführt, bis eine der für das Simulationsexperiment definierten Abbruchbedingungen eintritt. Die protokollierten Simulationsergebnisse werden in eine Protokolldatei geschrieben. Die Protokolldatei (auch *Trace* genannt) basiert auf einem XML-Schema, das die während der Simulation eintretenden Ereignisse festhält und das simulierte Modell einbezieht. Über die Simulationsergebnisse werden Rückschlüsse auf das Verhalten des Systems gezogen. Es wird die Qualität der Simulationsergebnisse bestimmt, so auch die Qualität der über die Interpretation der Rückschlüsse abgeleiteten Maßnahmen. Die Auswertung der Simulationsergebnisse erfolgt über das Softwarewerkzeug *Oracle BI Server*¹⁸⁸ [SVO+11]. Eine für *Horus* spezifische angepasste Auswertungskomponente befindet sich zurzeit in der Entwicklung. Die Softwarekomponenten der Simulationsumgebung von *Horus* werden in Abbildung 130 illustriert.

¹⁸⁸ Der *Oracle BI Server* ist ein skalierbarer und effizienter Abfrage- und Analyseserver, der unter Nutzung von Abfragemechanismen für die Zusammenfassung und Integration von Oracle-internen oder fremden Quelldaten zuständig ist. Er ist Teil der *Oracle Business Intelligence Suite (OBIS)*, die derzeit die vier spezifischen Produkte *Oracle BI Suite Enterprise Edition (OBISEE)*, die *Oracle BI Suite Standard Edition (OBISSE)*, Oracle BI Publisher und Oracle Real-Time Decisions bündelt. Die Suite aus der Fusion-Middleware-Produktfamilie bietet unter anderem interaktive Dashboards, Ad-hoc-Analysen, Echtzeit-Vorhersage-Analysen, mobile Analysen, Desktop-Tools sowie hochwertige Berichts- und Veröffentlichungsfunktionen [HMI12].

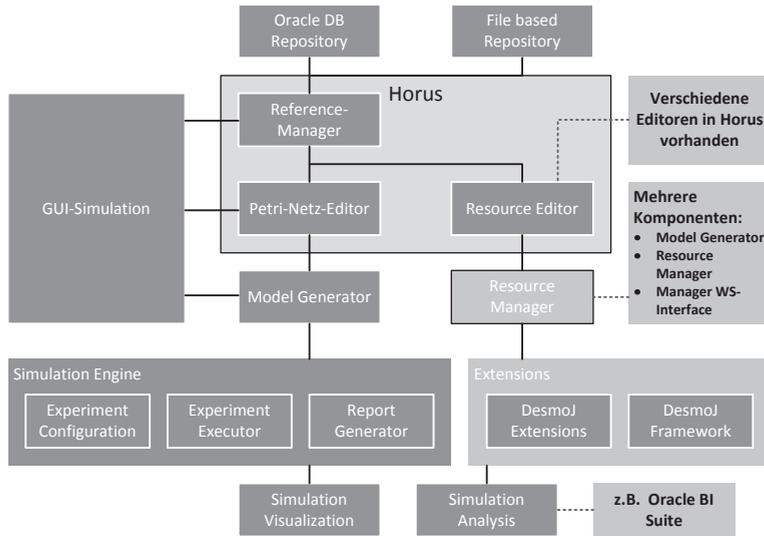


Abbildung 130: Softwarekomponenten der Simulationsumgebung [Sc10a]

Die Simulationsumgebung ermöglicht die gleichzeitige Simulation mehrerer Geschäftsprozessmodelle und deren zugeordneten Ressourcen auf der Basis von Petri-Netzen. Die Simulationskomponente greift auf Geschäftsprozessmodelle und Ressourcen aus zentralen Datenbank-Repositorien oder auf lokal gespeicherte Modelle zurück. Das zentrale Modell-Repository wird technisch durch eine Oracle-Datenbank realisiert. Der Nutzen eines zentralen Repositories liegt darin, einerseits die Modelldaten und andererseits die Simulationsergebnisse abgelegt und bspw. durch Auswertungswerkzeuge, weitere verknüpfte Modell-Editoren oder durch BI-Werkzeuge¹⁸⁹ ausgewertet werden können. Die Simulationskomponente *Horus Business Modeler* lässt sich zur Simulation höherer Petri-Netze nutzen und wird durch eine Reihe weiterer Modelleditoren ergänzt, deren Modelle mit Petri-Netzen verknüpft und im Rahmen von Simulationsexperimenten verwendet werden. Für die Simulation steht die Transformation der Geschäftsprozessmodelle und weiterer relevanter Modelle in Simulationsmodelle an. Die von *Horus* verwendeten Simulationsmodelle berücksichtigen spezifische Eigenschaften der modellierten Service-Netze wie ODER-Transitionen, Wahrscheinlichkeiten bei ODER-Entscheidungen, Verfeinerungen, beteiligte Ressourcen und benötigte Zeit- und Kostenaufwände (Bearbeitungszeiten, Transportzeiten jeweils pro Transition sowie Lagerzeit und Kosten jeweils pro Stelle). Ein Service-Netz wird automatisiert simuliert, solange es weitere aktive Transitionen beinhaltet. Bei der gleichzeitigen Simulation mehrerer Geschäftsprozessmodelle werden zum einen mehrere Geschäftsprozessmodelle zur Simulation ausgewählt und zum anderen ein Geschäftsprozessmodell in Abhängigkeit der Simulationskonfiguration mehrfach instanziiert. Die Parametrisierungen konfiguriert für jeden Simulationsdurchlauf die durchzuführenden Simu-

¹⁸⁹ **B**usiness **I**ntelligence (**BI**-)Werkzeuge realisieren einen IT-gestützten Zugriff auf Informationen sowie die IT-gestützte Analyse und Aufbereitung dieser Informationen. Es ist das Ziel dieses Prozesses, aus dem im Unternehmen vorhandenen Wissen relevantes, handlungsorientiertes Wissen zu generieren, das Managemententscheidungen zur Steuerung des Unternehmens unterstützt [Ga12c].

lationsexperimente. Für die Parametrisierung von Simulationsläufen werden in der Simulationskomponente von *Horus* die folgenden Simulationsparameter definiert [Sc10a, Sc12a]:

- Simulationsbeschreibung
- Verfeinerungen von Serviceprozessen
- initiale Markierung der Netze
- Wahrscheinlichkeitsverteilung
- Festlegung der Dauer der Simulation s [Zeiteinheit] oder des Zeitraums, in dem die Simulation ausgeführt werden soll (festgelegt durch einen Start- und Endzeitpunkt)
- betrachtete Serviceprozessmodelle sp_i im Rahmen der Simulation
- Instanzierungshäufigkeit der Geschäftsprozessmodelle (Ankunftsrate), festgelegt als Konstante c oder durch eine Verteilung v (unterstützt werden Exponentialverteilung, Erlangverteilung, Normalverteilung und Poissonverteilung)
- zusätzliche Abbruchbedingungen durch (1) eine vorgegebene Anzahl durchlaufender Instanzen innerhalb der Simulationsdauer oder (2) eine vorgegebene Anzahl von Aufgaben
- Protokollierung von Parametern wie (1) der Auslastung von Mitarbeitern, (2) der Ausführungsdauer von Aktivitäten oder (3) der generierten Kosten von Aktivitäten

Die Einstellung der erforderlichen Simulationsparameter erfolgt über eine Eingabemaske, in der auch die Simulationsmodelle parametrisiert werden (siehe Abbildung 131). Eine erstellte Simulationskonfiguration wird gespeichert, um sie bei Bedarf später erneut auszuführen. Durch die Verwendung unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Simulationsexperimenten ergeben sich bei gleicher Simulationskonfiguration unterschiedliche Simulationsergebnisse. Eine wiederholte Ausführung von Simulationsexperimenten mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen bei gleichbleibender Konfiguration verbessert die Konfidenz über die Genauigkeit der Ergebnisse [PK05].

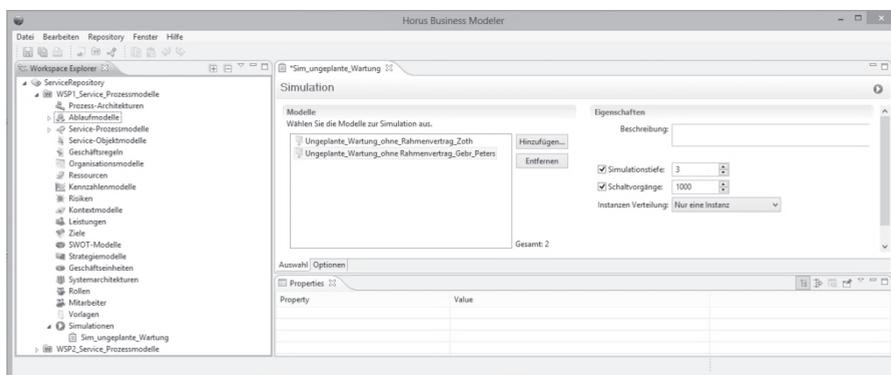


Abbildung 131: Eingabemaske der Simulationskomponente von *Horus*

8.4 Simulationsbasierte Identifikation von Verbesserungspotenzialen

Die Simulation von Serviceprozessen unterstützt die quantitative Analyse. Eigenschaften eines Serviceprozessmodells werden auf die Einhaltung von a priori definierten Prozesszielen untersucht [AH04]. Bei Serviceprozessen in der Dienstleistungsbeschaffung sind Ursa-

chen von Leistungsdefiziten in Unternehmen wie sequentielle Prozessabläufe, vielstufige Bestellabrufprozesse, schlechte Datenqualität des Informationsflusses, mangelhafte interne Kunden-Lieferanten-Orientierung, ungenügende Informationstransparenz und nicht-werterhöhende Aktivitäten feststellbar. Geschäftsprozessmodelle von Serviceprozessen fordern durch eine schnell anwachsende Anzahl an Aktivitäten eine Komplexität ein, die Grenzen analytischer Methoden und Beschreibungen überschreiten können. Die Bewertung und der Vergleich alternativer Prozessstrukturen und Prozessvarianten ermöglichen die Verbesserung der betrieblichen Abläufe in der Kollaboration zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager. In der betrieblichen Praxis wird die Simulation von Serviceprozessen zur Bestimmung und Validierung von ex ante formulierten Aussagen über Bearbeitungszeiten, Durchlaufzeiten, Transaktionskosten sowie Kapazitätsplanung und Ressourcenallokation verwendet. Die Ergebnisse der Auswertung von Alternativen lassen sich gezielt zur Verbesserung verwenden. Es werden a priori Abschätzungen und Prognosen über mögliche Auswirkungen vor Implementierung oder Änderung von Serviceprozessen in Informationssystemen getroffen. Simulationsexperimente dienen dazu, weitere Alternativen zur Verbesserung der Serviceprozessmodelle zu testen und zu validieren. In dieser Arbeit werden die in dem Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts dokumentierten Serviceprozessmodelle¹⁹⁰ für die Simulationsexperimente $SX_1 - SX_4$ genutzt, um den Einfluss verschiedener Verbesserungspotenziale auf die Leistungsfähigkeit von Serviceprozessen zu untersuchen. Im Vorfeld wurden bereits erste Simulationsexperimente mit Serviceprozessmodellen durchgeführt [HSW12b]. Die Simulationsexperimente werden vor ihrer eigentlichen Implementierung auf mögliche Verbesserungspotenziale validiert. Auf der Basis dieser gewonnenen Ergebnisse wird nachfolgend eine verbesserte, adäquate Parametrisierung der Simulationsprozessmodelle entwickelt und weitere, detailliertere Simulationsexperimente mit allen vorliegenden Serviceprozessmodellen durchgeführt. In den Simulationsexperimenten werden Bearbeitungszeiten und Durchlaufzeiten simuliert. Die Durchlaufzeit setzt sich aus der *Rüstzeit* (Vorbereitungszeit von Ressourcen), der *Bearbeitungszeit* (Zeit für die Durchführung einer Aktivität), der *Liegezeit* (ungewollte Wartezeit) und der *Transportzeit* (Zeit für den Transport einer Ressource) zusammen. Die hier betrachteten Simulationsexperimenten berücksichtigen die Bearbeitungszeit und die Liegezeit: $\text{Durchlaufzeit} = \sum(\text{Bearbeitungszeit} + \text{Liegezeit})$. Die Rüstzeiten und Transportzeiten sind außen vor. Die modellierten Serviceprozessmodelle der Anwendungsfälle werden nach den Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag* klassifiziert. Die betrachteten Anwendungsfälle des Dienstleistungsauftragstyps Einzelmaßnahme sind charakterisiert durch den Dienstleistungsbeschaffungstypen DT_2 und DT_4 . Die betrachteten Anwendungsfälle des Dienstleistungsauftragstyps Kleinauftrag sind durch den Dienstleistungsbeschaffungstyp DT_1 charakterisiert. Aufgrund einer unzureichenden Datenmenge wurde die Simulation des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Projekt* nicht betrachtet. Insgesamt werden sechzehn Serviceprozessmodelle der analysierten Anwendungsfälle simuliert. Im Verlauf der Simulation erfolgt die Wiederholung der Simulationsexperimente unter systematischen Parametervariationen und die Durchführung der Prozessvarianten. Ein Simulationsexperiment enthält mehrere Simulationsläufe zur Stabili-

¹⁹⁰ Die Ergebnisse von Prozessmessungen in Kapitel 9 dienen als Basis zum Vergleich mit den Simulationsergebnissen.

sierung der Ergebnisse und der Vermeidung von Schwankungen. Die Interpretation der Ergebnisse basiert auf den protokollierten Zustandsänderungen in Abhängigkeit von Aktivitäten, Ergebnissen, Messzeitpunkten, Attributen und Modellzuständen [Sc12a]. Änderungen des Modellzustands geschehen zu diskreten Zeitpunkten: den Messzeitpunkten. Diese Arbeit berücksichtigt eine diskret-ereignisgesteuerte, prozessorientierte Simulation als Simulationsmethode [CL08, Sc12a]. Für die Simulationsexperimente wird die Simulationsumgebung als Bestandteil der Modellierungs- und Analyseumgebung *Resource Analysis Environment (RAvEN)* [Sc12a] in Kombination mit der Modellierungsumgebung *Horus Business Modeler* [Sc10a, SVO+11] eingesetzt.

8.4.1 Simulationsdurchführung

Die Vorgehensweise der durchgeführten Simulationsexperimente basiert auf dem vorgestellten Vorgehensmodell. Das Ziel ist die Validierung von Verbesserungspotenzialen in Serviceprozessmodellen. Die Verbesserungspotenziale helfen einzusparen, was den Aufwand für die Durchführung von Simulationsexperimenten rechtfertigt. Ihre Verwendung als Modellierungssprache erfüllen einfache Petri-Netze auf der Basis von S/T-Netzen. Für die Simulationsumgebung fällt die Wahl auf *Resource Analysis Environment (RAvEN)*, eine Simulationskomponente auf der Basis des Softwarewerkzeugs *Horus*. In den durchgeführten Simulationsexperimenten wird auf die empirischen Daten von Experten und Fachanwendern im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts zugegriffen. Zu den im Rahmen der Simulationsexperimente erfassten Kennzahlen zählen die *Bearbeitungszeit* und die *Durchlaufzeit*. Die Durchlaufzeit eines Geschäftsprozesses wird bestimmt durch die Zeitspanne zwischen Beginn und Ende der Bearbeitung eines Geschäftsvorfalles. Sie ergibt sich aus der Bearbeitungsdauer der definierten Aktivitäten und der Wartezeit zwischen der Ausführung von Aktivitäten und Teilprozessen. Die Ausführung von Aktivitäten beschreiben die Bearbeitungszeit und die Wartezeit. Die Bearbeitungszeit ist die Zeitspanne, die für die Bearbeitung bspw. eines Auftrags für die Ausführung einer Aktivität benötigt wird. Die Wartezeit bezeichnet die Zeitspanne, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aktivitäten verstreicht. Sie wird durch die Einflussgrößen der Ankunftsrate, der Abfertigungsrate und durch die Kapazität bestimmt. Die Ankunftsrate sagt aus, wie oft ein Dienstleistungsauftrag je Zeiteinheit eintritt, die Abfertigungsrate, wie schnell ein Dienstleistungsauftrag abgewickelt wird und die Kapazität, wie viele Stationen zur Verfügung stehen. Die Kennzahlen sind nicht explizit modelliert, sondern durch das Softwarewerkzeug erfasst. In einem Simulationsexperiment wird jeweils ein Serviceprozessmodell sp_i mit $i = \{1, 2, \dots, 16\}$ und einer Variation der Simulationsparameter $P_{(sim)}$ und der Prozessstruktur durch Simulationsmodellvarianten $SIM_{(sp_i)}$ durchgespielt. Die Implementierung unterschiedlicher, variierender Verbesserungspotenziale zur Verbesserung der Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten von Serviceprozessen dient in den durchgeführten Simulationsexperimenten zur Validierung verschiedener Hypothesen. Die Hypothesen werden als zu überprüfende Vermutung für jedes Simulationsexperiment definiert. Sie formulieren vermutete Verbesserungen, die über einen längeren Simulationszeitraum in Simulationsexperimenten beobachtet und überprüft werden. Auf der Basis der analysierten und model-

lierten Serviceprozesse werden die im Folgenden aufgeführten Hypothesen zu möglichen *Verbesserungspotenzialen* ($VP_{(sp_i)}$) als Auswirkungen abgeleitet und aufgestellt:

- **Reduktion von Medienbrüchen an Schnittstellen ($VP1_{(sp_i)}$):** Die Schnittstellen der Serviceprozessmodelle der Beschaffung von Dienstleistungen sind geprägt durch viele Medienbrüche. Der Grund dafür ist die unzureichende Integration der Serviceprozesse durch die fehlenden elektronischen Datenformate oder dem fehlenden Einsatz proprietärer, zueinander inkompatibler Datenformate. Eine Verbesserung der Integration und die Unterstützung durch elektronische Geschäftsprozesse und des Datenaustauschs sollen zu einer Reduzierung von Medienbrüchen führen und damit zu kürzeren Durchlaufzeiten.
- **Auflösung von Redundanzen durch Doppeleingaben ($VP2_{(sp_i)}$):** Die Geschäftsprozessmodelle weisen an den Schnittstellen redundante Aktivitäten auf, die durch Medienbrüche entstehen. Informationen werden redundant gepflegt und müssen mehrfach eingegeben werden, sodass größere Bearbeitungszeiten entstehen. Der elektronische Datenaustausch von Daten und Dokumenten und die Nutzung elektronischer Geschäftsprozesse sollen Redundanzen auflösen und Bearbeitungszeiten reduzieren.
- **Reduktion der Anzahl an Interaktionszyklen ($VP3_{(sp_i)}$):** Die Konfiguration von Dienstleistungen und deren Personalisierung ist durch eine intensive Interaktion von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager geprägt. Im Vergleich zu Sachgütern lassen sich Dienstleistungen nicht durch Attribute eindeutig beschreiben. Die Informationsasymmetrie verstärkt das uneinheitliche Verständnis und führt zu mehr Interaktion. Die Konfiguration von Dienstleistungen tritt in den Serviceprozessphasen Verhandlung, Angebot und Aufmaß auf. Die Folge sind viele Interaktionszyklen und lange Bearbeitungszeiten. Eine eingeräumte Varianz seitens des Dienstleistungsnachfragers durch ex ante genehmigte Dienstleistungspositionen oder durch ein Budget soll die Interaktionszyklen verringern und die Bearbeitungszeit verkürzen.
- **Reduktion von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten und der Fehlerquote durch einheitliche Datenformate ($VP4_{(sp_i)}$):** Die Verwendung uneinheitlicher Formate im Daten- und Dokumentenaustausch erhöht die Bearbeitungszeiten der gesamten Auftragsabwicklung in der Beschaffung. Daten und Dokumente werden mehrfach gepflegt, konvertiert und geprüft. Die Verwendung einheitlich strukturierter Daten und Dokumente soll die Bearbeitungszeiten und damit die Durchlaufzeiten verkürzen.
- **Reduktion von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten durch die Integration elektronischer Geschäftsprozesse ($VP5_{(sp_i)}$):** Durch fehlende einheitliche Daten- und Dokumentenformate und durch Medienbrüche aufgrund der ungenügenden Integration von Serviceprozessen werden elektronische Geschäftsprozesse betrieblicher Informationssysteme unzureichend unterstützt. Nur wenige Informationssysteme dienen der *Interaktion* bzw. Konfiguration von Dienstleistungen in den Beschaffungsphasen Verhandlung, Angebot und Aufmaß. Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager konfigurieren Dienstleistungen gemeinsam, um best-

möglich eine exakte Abstimmung über die Leistungsmerkmale zu erhalten. Bislang unterstützen Informationssysteme nicht ausreichend die interaktive Konfiguration von Dienstleistungen. Eine Unterstützung der interaktiven Konfiguration von Dienstleistungen soll die Interaktion und damit die Bearbeitungszeiten reduzieren.

Die Hypothesen über mögliche Verbesserungspotenziale werden durch eine Simulation der modellierten Serviceprozesse validiert. Dazu werden Prozessvarianten der Serviceprozessmodelle gebildet. Für jedes Serviceprozessmodell der analysierten Anwendungsfälle lassen sich vier Simulationsmodellvarianten (Experimenttypen) erstellen. Die Simulationsmodellvarianten werden auf der Basis von Serviceprozessen der Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Angebot*, *Aufmaß* und *Abrechnung* gebildet. Aufgrund der starken Kundeninteraktion werden die Serviceprozesse *Angebotsverhandlung* und *Angebotserstellung* der Phase *Angebot* in Betracht gezogen. Alle Serviceprozessmodelle enthalten eine Startstelle (Quelle) sowie eine Endstelle (Senke). Durch die Variation der Prozessstruktur lassen sich verschiedene Handlungsalternativen in der Gestaltung von unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Serviceprozessen definieren und miteinander vergleichen. Auf der Basis der Ergebnisse der Simulationsläufe werden Kennzahlen berechnet und jeweils im Kontext des untersuchten Serviceprozessmodells analysiert. Als alternative Prozessstrukturen werden die folgenden verschiedenen Simulationsmodellvarianten modelliert:

- **Entfall redundanter Aktivitäten und Medienbrüche durch elektronische Daten- und Dokumentenformate (SIM1_(sp_i)):** Im Simulationsmodell SIM1_(sp_i) der Serviceprozesse sp_i mit $i = \{1, 2, \dots, 16\}$ werden die Bearbeitungszeiten für das Senden und Empfangen von Servicedokumenttypen minimiert. Redundante Aktivitäten wiederholter Dateneingaben werden entfernt. Die Bearbeitungszeiten fallen weg. Diese Variantenbildung beruht auf der Annahme, dass durch die elektronische Abbildung von Prozessschnittstellen die Bearbeitungszeiten und Zwischenankunftszeiten und damit Medienbrüche durch die Vermeidung von Doppeleingaben entfallen.

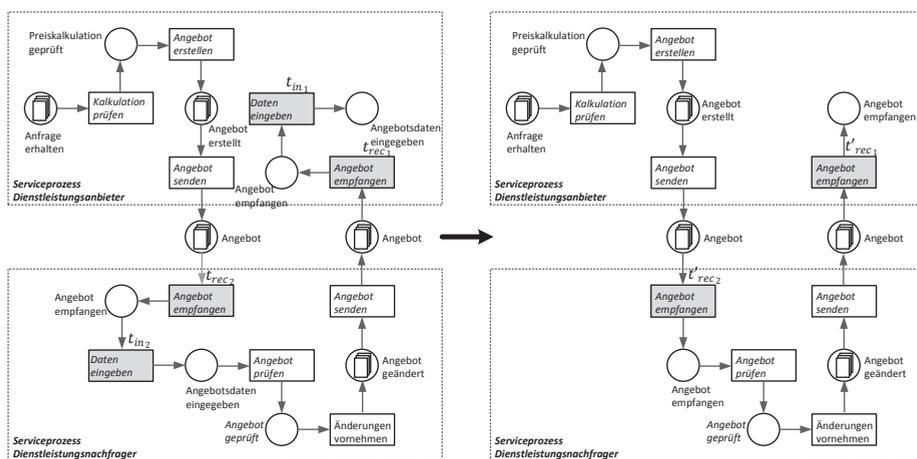


Abbildung 132: Simulationsmodellvariante SIM1_(sp_i) mit Entfall redundanter Aktivitäten und Minimierung von Bearbeitungszeiten

Die Zeiten der Aktivitäten *Angebot empfangen* werden minimiert (t'_{rec_1} und t'_{rec_2}), die Aktivitäten *Angebotsdaten eingeben* entfallen.

- Ausführung elektronischer Geschäftsprozesse und Unterstützung der Interaktion ($SIM2_{(sp_i)}$):** Im Simulationsmodell $SIM2_{(sp_i)}$ der Serviceprozesse sp_i mit $i = \{1, 2, \dots, 16\}$ werden die Serviceprozesse der Serviceprozessphasen *Angebot* und *Aufmaß* verändert. Alle Medienbrüche entfallen, da die Interaktion bzw. die Konfiguration von Dienstleistungen durch elektronische Serviceprozesse als Teil einer Softwarelösung ersetzt werden. Zusätzlich lässt sich das Geschäftsprozessmodell der Serviceprozessphase *Aufmaß* durch das Hinzufügen der Möglichkeit der Angabe eines Kostenbudgets bzw. von zusätzlichen Leistungspositionen erweitern. Die Aktivitäten der Dienstleistungskonfiguration werden um eine ODER-Verzweigung als zusätzliche Variante erweitert modelliert. Diese Variantenbildung beruht auf der Annahme, dass in fast 90 Prozent der Fälle aller Aufträge durch die Angabe eines zusätzlichen Kostenbudgets oder weiteren Dienstleistungspositionen aufwändige Folgeprozesse durch Teilangebote, Teilaufträge und Teilrechnungen vermieden werden können. Exemplarisch ist eine Variante des Serviceprozesses *Aufmaß verhandeln* dargestellt (Abbildung 133). Die Serviceprozessphase wird vollständig durch einen elektronischen Serviceprozess erfüllt. Redundante Tätigkeiten entfallen ($VP2_{(sp_i)}$). Die Anzahl der Schnittstellen reduziert sich auf eine Schnittstelle ($VP1_{(sp_i)}$). Durch die Transaktion „*LimitPositions anwenden*“ definiert der Dienstleistungsanbieter zusätzlich erbrachte Dienstleistungen im Aufmaß, die der Dienstleistungsnachfrager zuvor bereits genehmigt hat. Durch die Inanspruchnahme der **LimitPositions** entfallen nahezu vollständig die Interaktionszyklen der Aufmaßverhandlung ($VP3_{(sp_i)}$).

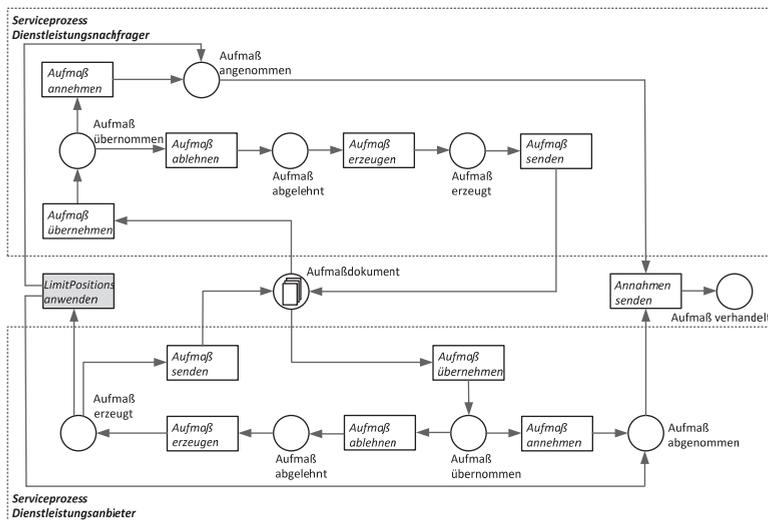


Abbildung 133: Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ mit Unterstützung der Interaktion und *LimitPositions*

Die Bearbeitungszeiten aller Aktivitäten durch die Unterstützung elektronischer Geschäftsprozesse und die einheitliche Beschreibung von Dienstleistungen durch modulare Dienstleistungseinheiten in Leistungsverzeichnissen oder elektronischen Produktkatalogen sollte daher sinken ($VP4_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$).

- Reduktion von Bearbeitungszeiten und Durchlaufzeiten durch die Verwendung einheitlicher, elektronischer Datenformate ($SIM3_{(sp_i)}$):** Im Simulationsmodell $SIM3_{(sp_i)}$ der Serviceprozesse sp_i mit $i = \{1, 2, \dots, 16\}$ werden die Bearbeitungszeiten von allen Aktivitäten zur Bearbeitung von Servicedokumenttypen minimiert. Diese Variantenbildung beruht auf der Annahme, dass durch die Einführung von harmonisierten Leistungsstammdaten, Geschäftsdokumenttypen und Prozessschnittstellen Medienbrüche entfallen und alle Bearbeitungszeiten und Durchlaufzeiten durch die Vermeidung von Doppeleingaben reduziert sind. Die Bearbeitungszeiten der Aktivitäten *Angebot erstellen* (t'_{cr_1}), *Angebotsdaten eingeben* (t'_{in_1} und t'_{in_2}), *Angebot prüfen* (t'_{pr_2}) und *Änderungen vornehmen* (t'_{ch_2}) werden minimiert.

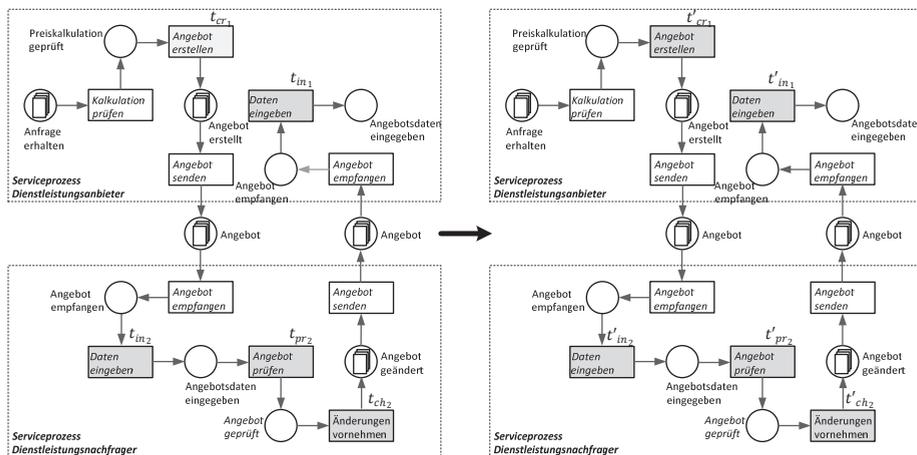


Abbildung 134: Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ mit Reduktion der Bearbeitungszeiten von Servicedokumenttypen

Für die Durchführung der Simulation wird eine Parametrisierung der Simulationsmodelle vorgenommen. Die Parametrierung dieser Simulationsmodelle basiert auf Datenerhebungen von Experten und Fachanwendern, die im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts erfasst wurden. Für jedes Simulationsexperiment werden der Erwartungswert $E(X)$ und die Standardabweichung σ_x für die jeweilige Bearbeitungs- und Durchlaufzeit berechnet und die durchschnittliche Einsparung an Bearbeitungs- und Durchlaufzeit durch den Vergleich mit den realen Messdaten der Prozessmessungen angegeben. Es lassen sich Aussagen über die Einordnung der Simulationsergebnisse und über die durchschnittliche Abweichung der Simulationsergebnisse gegenüber der Standardabweichung vom Erwartungswert treffen. Im Rahmen der Simulationsexperimente werden die folgenden Simulationsparameter für alle Prozessvarianten variiert:

- **Zeitdauer Bearbeitungszeit von Aktivitäten eines Serviceprozesses ($P1_{(sim)}$):** Die Zeitdauer zur Bearbeitung von Aktivitäten in Serviceprozessen wird in verschiedenen Prozessvarianten variiert. Bei zeitkritischen Aktivitäten ist die Bearbeitungszeit aufgrund der Nutzung elektronischer Aktivitäten reduziert bzw. auf 0 gesetzt. Durch diese Variation werden Engpässe bei zeitkritischen Aktivitäten identifiziert. Bearbeitungszeiten für das Bearbeiten, Senden und Empfangen von Servicedokumenttypen sind minimiert.
- **Zeitdauer Wartezeit von Aktivitäten eines Serviceprozesses ($P2_{(sim)}$):** Jede Aktivität hat eine Bearbeitungszeit und eine Wartezeit. Die Wartezeit unterliegt bei komplexen, nicht deterministischen Prozessteilen mit variierenden Bearbeitungs- und Transportzeiten oftmals starken Schwankungen. Daher werden historische Daten genutzt, um einen Erwartungswert der Wartezeiten zu bestimmen.
- **Zwischenankunftszeit von Serviceobjekten (Instanzierungsrate) ($P3_{(sim)}$):** Als Zwischenankunftszeit von Prozessobjekten wird die Zeitdauer zwischen dem Eintreffen eines Prozessobjekts a und dem Eintreffen eines Prozessobjekts $a + 1$ bezeichnet. Die Simulation von Serviceprozessen mit variierenden Zwischenankunftszeiten lässt Aussagen über die vollständige Abarbeitung von Aufträgen verschiedener Dienstleistungsauftragstypen zu. Als simulierte Zwischenankunftszeiten wird auf der Basis historischer Daten $\tau_{(t_{IN_{EM}})} = 30min$ ¹⁹¹ (Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme*) und $\tau_{(t_{IN_{KA}})} = 60min$ (Dienstleistungsauftragstyp *Kleinauftrag*) für die erwartete Instanzierung (Erwartungswert der Instanzierung) angenommen. Die definierten Zwischenankunftszeiten gewährleisten die parallele Auftragsabwicklung von mehr als einem Dienstleistungsauftrag im Simulationsmodell.
- **ODER-Verzweigung:** Bei alternativen Serviceprozessen wird die Auswahl der schaltenden Transition aller schaltbereiten Transitionen nicht-deterministisch¹⁹² getroffen.
- **Startmarkierung:** Für eine mögliche Auswertung der Simulationsläufe wird eine identische Startmarkierung M_0 für alle modellierten Serviceprozessmodelle festgelegt.

Die Simulationsexperimente werden über den beschriebenen Simulationsvarianten mit Hilfe des Werkzeugs *Horus* durchgeführt, protokolliert und ausgewertet. Die Serviceprozessmodelle sind mit alternativen Parametern konfiguriert, um einen Vergleich unterschiedlicher Konfigurationen und deren Auswirkungen zu ermöglichen und weitere formulierte Hypothesen zu validieren. Die Validierung der Hypothesen über mögliche Verbesse-

¹⁹¹ Die Zwischenankunftszeiten bzw. die Zeitspanne zwischen dem Eingang eines Auftrags a und des Auftrags $a + 1$ wurde anhand der durchschnittlichen Auftragszahlen der jeweiligen Unternehmen bestimmt. So liegen die Auftragszahlen bei den Unternehmen zwischen 500 und 6000 Aufträgen pro Jahr bei einer durchschnittlichen Zwischenankunftszeit von 30 Minuten für den Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme* und 60 Minuten für den Dienstleistungsauftragstyp *Kleinauftrag*.

¹⁹² Van der Aalst [Aa98b] spricht von einer *impliziten ODER-Teilung* oder einem *Konflikt*, wenn im Fall einer ODER-Teilung für die Wahl der schaltenden Transition der nachfolgenden Transitionen eine beliebige Transition gewählt wird. Im Falle einer *expliziten ODER-Teilung* hängt die Wahl der schaltenden Transitionen aller nachfolgenden Transitionen von Attributen der Prozessobjekte ab.

rungspotenziale erfolgt durch Simulationsmodellvarianten bei getrennter Betrachtung von Serviceprozessmodellen der Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag*. Es werden die vier Simulationsexperimente $SX_1 - SX_4$ durchgeführt. Die Simulationsexperimente SX_1 und SX_2 sollen die hypothetischen Annahmen von Verbesserungspotenzialen für *Bearbeitungszeiten*, die Simulationsexperimente SX_3 und SX_4 die hypothetischen Annahmen von Verbesserungspotenzialen für *Durchlaufzeiten* der Dienstleistungsbeschaffungstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag* jeweils validieren. Zur Variantenbildung der simulierten Modelle werden die identifizierten, möglichen Verbesserungspotenziale ($VP1_{(sp_i)} - VP5_{(sp_i)}$) verwendet und durch die vier Simulationsmodellvarianten von Serviceprozessmodellen untersucht. Die Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$, $SIM3_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ werden zur Messung und Validierung von Verbesserungspotenzialen herangezogen. In Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ lassen sich die Änderungen der Varianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ kombinieren. Die Simulationsmodellvarianten sollen die folgenden Hypothesen möglicher Verbesserungspotenziale $VP_{(sp_i)}$ validieren:

- Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$: $VP1_{(sp_i)}$ und $VP2_{(sp_i)}$
- Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$: $VP2_{(sp_i)}$, $VP3_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$
- Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$: $VP1_{(sp_i)}$, $VP2_{(sp_i)}$, $VP4_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$
- Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$: $VP1_{(sp_i)}$, $VP2_{(sp_i)}$, $VP3_{(sp_i)}$, $VP4_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$

Zur Erhöhung der Konfidenz der Messwerte werden die Simulationsexperimente jeweils mit 30 Durchläufen¹⁹³ pro geänderten Simulationsparameter für jede Variante wiederholt simuliert, um Schwankungen in einzelnen Simulationsläufen auszugleichen. Die Simulationsexperimente werden über einen längeren Simulationszeitraum von einem Jahr und zwei Monaten¹⁹⁴ durch softwaregestützte Simulation beobachtet, um kurzfristigen Abweichungen entgegenzuwirken.

8.4.2 Analyse und Interpretation

Die Ergebnisse der Simulationsexperimente werden nachfolgend zu verdeutlicht. Die Simulationsergebnisse in vier Simulationsexperimenten für die Analyse von Bearbeitungszeiten und Durchlaufzeiten werden aufgezeigt und nach den Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag* getrennt. Die Serviceprozesse der Serviceprozessphase *Angebot* werden beim Dienstleistungsbeschaffungstyp *Einzelmaßnahme* nicht betrachtet und entfallen. Die durchschnittlichen Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten der Simulations-

¹⁹³ Durch zuvor durchgeführte, exemplarische Tests mit verschiedenen Serviceprozessmodellen haben gezeigt, dass sich ab einer Wiederholung von 20 Durchläufen die Simulationsergebnisse nur geringfügig ($\pm 2\%$) verändert haben. Die Analyse der untersuchten Serviceprozesse hat gezeigt, dass die Genauigkeit der berechneten Mittelwerte für eine statistisch aussagekräftige Interpretation der Simulationsergebnisse ausreicht.

¹⁹⁴ Für ein Jahr wird der durchschnittliche Wert von 250 effektiven Arbeitstagen zu je 8 Stunden (2000h) angenommen. Die ersten beiden Monate wurden bei der Ermittlung der Messwerte nicht berücksichtigt, um das System in einem eingeschwungenen Zustand zu betrachten.

modellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$, $SIM3_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ der betrachteten Serviceprozessmodelle lassen sich grafisch als Boxplot-Diagramme mit Erwartungswert und Standardabweichung darstellen. Die positiven und negativen Abweichungen werden betrachtet. Mögliche Einsparungen der Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten werden als Säulendiagramme repräsentiert und abschließend gemeinsam bewertet.

8.4.2.1 Simulationsexperiment SX_1

Das Simulationsexperiment SX_1 simuliert die *Bearbeitungszeiten* der einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Einzelmaßnahme* (Abbildung 135).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* weist die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ mit 18 Minuten die kürzeste Bearbeitungszeit auf und stellt die größtmögliche Verbesserung dar. Die Simulationsergebnisse der Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ bestätigen nicht durchgängig eine Gesamtverbesserung durch die Kumulierung von Verbesserungspotenzialen $VP_{(sp_i)}$. Während die Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ mit 21 Minuten die längste Bearbeitungszeit aufweist, ist die Bearbeitungszeit der Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ mit 19 Minuten um eine Minute kürzer als die der Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ (20 Minuten).
- Die Serviceprozesse der Serviceprozessphase *Angebot* werden beim Dienstleistungsbeschaffungstyp *Einzelmaßnahme* nicht betrachtet und entfallen.
- Für die Serviceprozessphase *Aufmaß* weist die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ mit 27 Minuten die längste Bearbeitungszeit auf. Die Kumulierung aller Verbesserungspotenziale führt zu einer durchgängigen Gesamtverbesserung: $SIM4_{(sp_i)}$ zeigt die kürzeste Bearbeitungszeit auf (20 Minuten). Die Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ beansprucht mit 24 Minuten eine längere Bearbeitungszeit als $SIM2_{(sp_i)}$ mit 22 Minuten. Die Simulationsmodellvarianten $SIM2_{(sp_i)}$, $SIM3_{(sp_i)}$, und $SIM4_{(sp_i)}$ dokumentieren eine hohe Streuung (hohe Werte der Standardabweichung) der Simulationsergebnisse.
- In der Phase *Abrechnung* führt $SIM2_{(sp_i)}$ mit 28 Minuten nicht zu einer Verbesserung im Vergleich zu $SIM3_{(sp_i)}$ mit 24 Minuten und zu $SIM1_{(sp_i)}$ (26 Minuten). $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt die größtmögliche Verbesserung mit 20 Minuten. Die Simulationsmodellvarianten $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ sind insgesamt durch eine hohe Streuung gekennzeichnet.

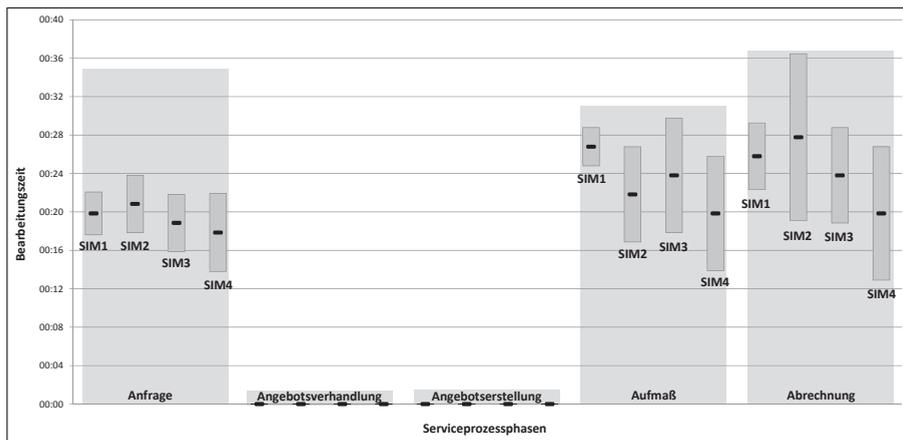


Abbildung 135: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten und Streuung von SX_1

Für das Simulationsexperiment SX_1 werden nachfolgend zusätzlich die Einsparungen an *Bearbeitungszeiten* in den einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Einzelmaßnahme* betrachtet (Abbildung 136).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* werden im Vergleich zu den empirischen Messergebnissen Einsparungen an Bearbeitungszeit von neun Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), zehn Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$) und elf Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) erzielt. Die Simulationsmodellvariante ($SIM4_{(sp_i)}$) erreicht die maximal Einsparung von zwölf Minuten gegenüber der empirisch erfassten Bearbeitungszeit.
- Für die Serviceprozessphase *Aufmaß* ergeben sich Einsparungen von einer Minute ($SIM1_{(sp_i)}$), sechs Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), vier Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal acht Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$).

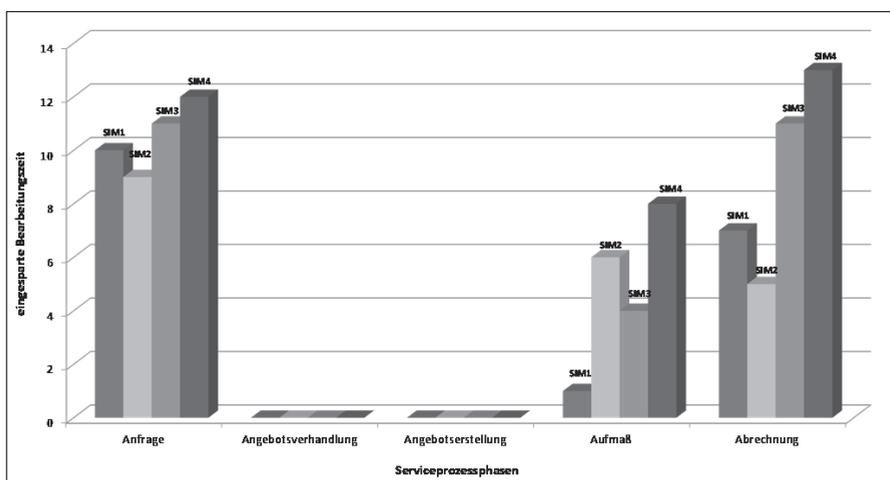


Abbildung 136: Durchschnittliche Einsparungen an Bearbeitungszeiten von SX_1

- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* erbringen die Simulationsmodellvarianten Einsparungen von sieben Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), fünf Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), elf Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal 13 Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$).

Eine Gesamtverbesserung ist durch die Kumulation aller Verbesserungspotenzial mit $SIM4_{(sp_i)}$ erreichbar. Insgesamt weist die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ für jede Serviceprozessphase die höchsten Einsparpotenziale auf.

8.4.2.2 Simulationsexperiment SX_2

Das Simulationsexperiment SX_2 simuliert die *Bearbeitungszeiten* der einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Kleinauftrag* (Abbildung 137).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* weist die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ mit 70 Minuten die kürzeste Bearbeitungszeit auf und stellt die größtmögliche Verbesserung dar. Die Simulationsergebnisse der Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ bestätigen durchgängig eine Gesamtverbesserung durch die Kumulierung von Verbesserungspotenzialen $VP_{(sp_i)}$. Während die Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ mit 89 Minuten die längste Bearbeitungszeit aufweist, ist die Bearbeitungszeit der Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ mit 86 Minuten um acht Minuten länger als die der Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ (78 Minuten).
- Für die Serviceprozessphase *Angebotsverhandlung* der Serviceprozessphase *Angebot* zeigen die Simulationsergebnisse des Serviceprozesses deutlich kürzere Bearbeitungszeiten auf. $SIM1_{(sp_i)}$ erreicht mit 84 Minuten die längste Bearbeitungszeit. Die Bearbeitungszeiten der Simulationsmodellvarianten $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ und sowie deren Streuung liegen mit 68 Minuten und 71 Minuten eng beieinander. $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt mit 59 Minuten die kürzeste Bearbeitungszeit. $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ sind insgesamt durch eine hohe Streuung gekennzeichnet.
- Der Serviceprozess *Angebotserstellung* der Serviceprozessphase *Angebot* weist bei den Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ die kürzeste Bearbeitungszeit auf (34 Minuten). $SIM2_{(sp_i)}$ erreicht mit 35 Minuten eine identische Bearbeitungszeit wie $SIM3_{(sp_i)}$.
- Für die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ der Serviceprozessphase *Aufmaß* ergibt sich mit 91 Minuten die längste Bearbeitungszeit. Die Kumulierung aller Verbesserungspotenziale führt zu einer Gesamtverbesserung: $SIM4_{(sp_i)}$ erbringt die kürzeste Bearbeitungszeit (63 Minuten). Die Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ beansprucht mit 77 Minuten eine um vier Minuten längere Bearbeitungszeit als $SIM2_{(sp_i)}$ (73 Minuten). Die Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ zeigt eine hohe Streuung der Simulationsergebnisse auf.
- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* führt $SIM2_{(sp_i)}$ mit 30 Minuten nicht zu einer Verbesserung im Vergleich zu $SIM3_{(sp_i)}$ mit 25 Minuten. $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt eine Gesamtverbesserung mit 21 Minuten.

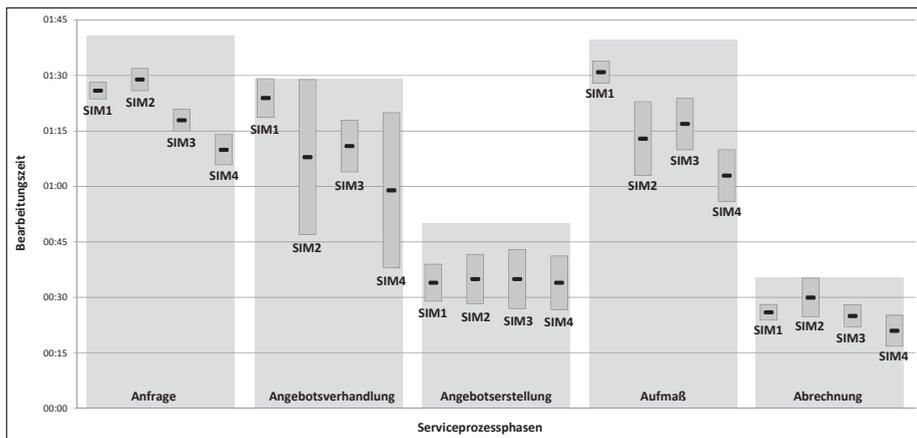


Abbildung 137: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten und Streuung von SX_2

Für das Simulationsexperiment SX_2 werden nachfolgend zusätzlich die Einsparungen an *Bearbeitungszeiten* in den einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Kleinauftrag* betrachtet (Abbildung 138).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* erreichen die Simulationsmodellvarianten im Vergleich zu den empirischen Messergebnissen Einsparungen an Bearbeitungszeit von sechs Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), drei Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$) und maximal 14 Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$). Die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt mit 22 Minuten die höchste Einsparung gegenüber der empirisch erfassten Bearbeitungszeit.
- Die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ des Serviceprozesses *Angebotsverhandlung* weist das kleinste Einsparpotenzial von zwei Minuten auf. $SIM4_{(sp_i)}$ führt mit maximal 27 Minuten, während sich für $SIM2_{(sp_i)}$ mit 18 Minuten mehr eingesparte Bearbeitungszeit ergeben als für $SIM3_{(sp_i)}$ mit 15 Minuten.
- Die Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ des Serviceprozesses *Angebotserstellung* sind durch das höchste Einsparpotenzial von neun Minuten gekennzeichnet, während $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ mit jeweils acht Minuten identische Einsparungen aufzeigen.
- Für die Serviceprozessphase *Aufmaß* werden Einsparungen von zwei Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), 20 Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), 16 Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal 30 Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$) erzielt.
- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* dokumentieren die Simulationsmodellvarianten Einsparungen von sieben Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), drei Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), acht Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal zwölf Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$). $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt für jede Serviceprozessphase und jeden Serviceprozess die höchsten Einsparpotenziale.

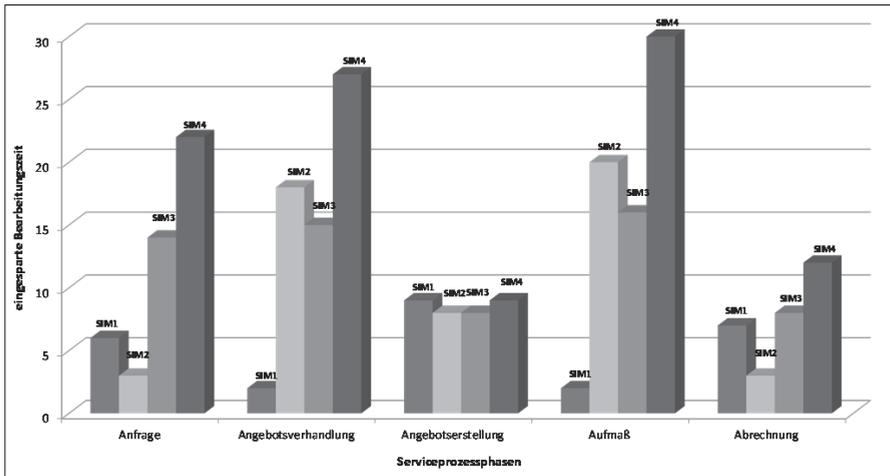


Abbildung 138: Durchschnittliche Einsparungen an Bearbeitungszeiten von SX_2

Eine Gesamtverbesserung ist durch die Kumulation aller Verbesserungspotenzial mit $SIM4_{(sp_i)}$ knapp erreichbar. Insgesamt weist die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ für jede Serviceprozessphase die höchsten Einsparpotenziale auf.

8.4.2.3 Simulationsexperiment SX_3

Im Simulationsexperiment SX_3 werden die *Durchlaufzeiten* der einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Einzelmaßnahme* simuliert (Abbildung 139).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* erzielt die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ mit 25 Minuten die kürzeste Durchlaufzeit und stellt die größtmögliche Verbesserung dar. Die Simulationsergebnisse der Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ bestätigen nicht durchgängig eine Gesamtverbesserung durch die Kumulierung von Verbesserungspotenzialen $VP_{(sp_i)}$. Während die Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ mit 30 Minuten die längste Durchlaufzeit aufzeigt, ist die Durchlaufzeit der Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ mit 28 Minuten um eine Minute kürzer als die der Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ (29 Minuten).
- Die Serviceprozesse der Serviceprozessphase *Angebot* werden beim Dienstleistungsbeschaffungstyp *Einzelmaßnahme* nicht betrachtet und entfallen.
- Die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ der Serviceprozessphase *Aufmaß* beansprucht mit 47 Minuten die längste Durchlaufzeit. Die Kumulierung aller Verbesserungspotenziale führt zu einer Gesamtverbesserung: $SIM4_{(sp_i)}$ erreicht die kürzeste Durchlaufzeit von 40 Minuten, dicht gefolgt von $SIM3_{(sp_i)}$ mit 41 Minuten und $SIM2_{(sp_i)}$ mit 46 Minuten. Bei allen Simulationsmodellvarianten zeigt sich eine hohe Streuung der Simulationsergebnisse.
- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* führt $SIM2_{(sp_i)}$ mit 47 Minuten nicht zu einer Verbesserung im Vergleich zur Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$.

$SIM4_{(sp_i)}$ erzielt eine Gesamtverbesserung mit 33 Minuten. Die Simulationsmodellvarianten $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ sind insgesamt durch eine hohe Streuung gekennzeichnet.

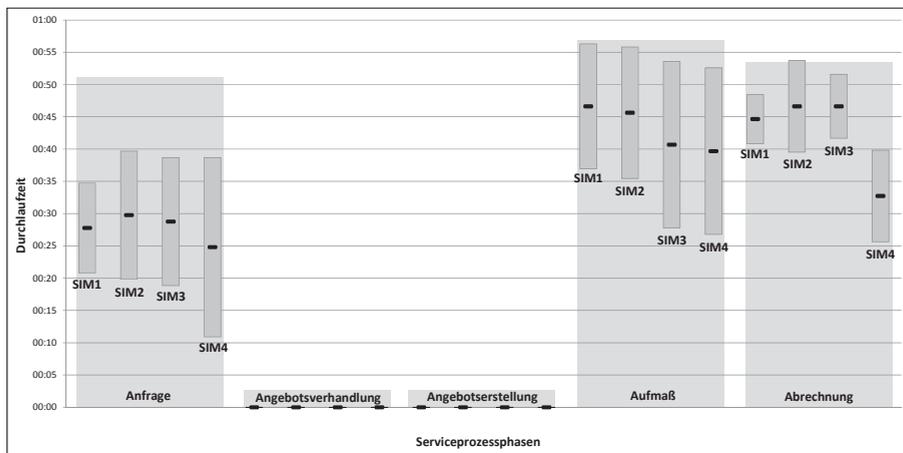


Abbildung 139: Durchschnittliche Durchlaufzeiten und Streuung von SX_3

Für das Simulationsexperiment SX_3 werden nachfolgend zusätzlich die Einsparungen an *Durchlaufzeiten* in den einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Einzelmaßnahme* betrachtet (Abbildung 140).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* werden im Vergleich zu den empirischen Messergebnissen Einsparungen in der Bearbeitungszeit von 14 Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), 12 Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$) und maximal 13 Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) erreicht. Die Simulationsmodellvariante ($SIM4_{(sp_i)}$) liegt 17 Minuten unter der empirisch erfassten Bearbeitungszeit.
- Für die Serviceprozessphase *Aufmaß* ergeben sich Einsparungen von zwei Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), drei Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), acht Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal neun Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$).
- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* zeigen sich identische Einsparungen von zwei Minuten bei $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$. Die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ weist mit vier Minuten ein noch größeres Einsparpotenzial auf. Maximal 16 Minuten fallen an Zeitersparnis durch $SIM4_{(sp_i)}$ an. Die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt für jede Serviceprozessphase und jeden Serviceprozess die höchsten Einsparpotenziale.

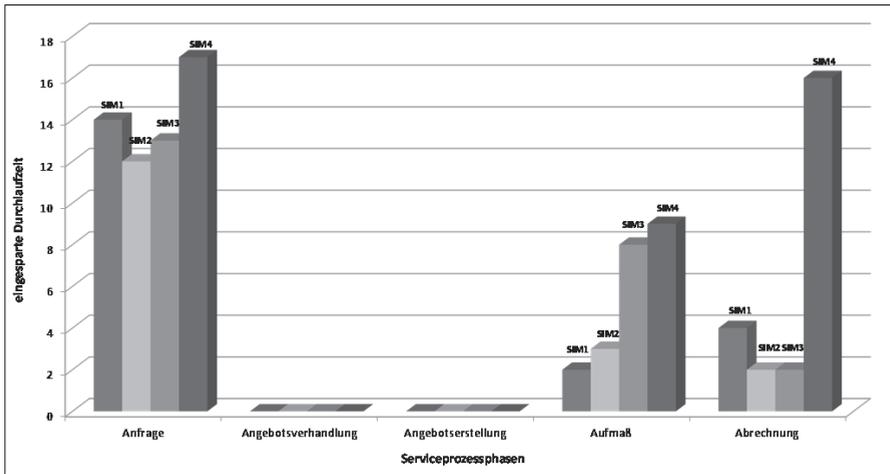


Abbildung 140: Durchschnittliche Einsparungen an Durchlaufzeiten von SX_3

Eine Gesamtverbesserung ist durch die Kumulation aller Verbesserungspotenzial mit $SIM4_{(sp_i)}$ nur knapp erreichbar. Insgesamt weist die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ für jede Serviceprozessphase die höchsten Einsparpotenziale auf.

8.4.2.4 Simulationsexperiment SX_4

Im Simulationsexperiment SX_4 werden die *Durchlaufzeiten* der einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Kleinauftrag* simuliert (Abbildung 141).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* erzielt die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ mit 75 Minuten die kürzeste Durchlaufzeit und stellt die größtmögliche Verbesserung dar. Die Simulationsergebnisse der Simulationsmodellvarianten $SIM1_{(sp_i)}$, $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ bestätigen durchgängig eine Gesamtverbesserung durch die Kumulierung von Verbesserungspotenzialen $VP_{(sp_i)}$. Während die Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ mit 102 Minuten die längste Durchlaufzeit aufweist, ist die Bearbeitungszeit der Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ mit 100 Minuten um neun Minuten länger als die der Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ (91 Minuten). Insgesamt weisen alle Simulationsmodellvarianten eine hohe Streuung auf.
- $SIM1_{(sp_i)}$ des Serviceprozesses *Angebotsverhandlung* der Serviceprozessphase *Angebot* beansprucht zwar mit 103 Minuten die längste Durchlaufzeit, unterliegt aber fast keiner Schwankung bei einer minimalen Streuung der Simulationsergebnisse. Die Durchlaufzeiten der Simulationsmodellvarianten $SIM2_{(sp_i)}$, $SIM3_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ erreichen 103 Minuten, 88 Minuten und 83 Minuten. Bei $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ zeigt sich eine hohe Streuung.
- Die Simulationsmodellvariante $SIM2_{(sp_i)}$ des Serviceprozesses *Angebotserstellung* der Serviceprozessphase *Angebot* benötigt die höchste Durchlaufzeit von 40 Minuten. Die Bearbeitungszeiten von $SIM1_{(sp_i)}$ und $SIM3_{(sp_i)}$ sind mit 39 Minuten

identisch. $SIM1_{(sp_i)}$ weist die geringste Streuung auf. Es lässt sich keine Gesamtverbesserung bei der Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ mit 39 Minuten feststellen. $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ sind durch eine hohe Streuung gekennzeichnet.

- Die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ der Serviceprozessphase *Aufmaß* benötigt mit 109 Minuten die längste Durchlaufzeit. Die Kumulierung aller Verbesserungspotenziale führt nicht zu einer kontinuierlichen Gesamtverbesserung: $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt die kürzeste Durchlaufzeit von 89 Minuten. Die Simulationsmodellvariante $SIM3_{(sp_i)}$ erreicht mit 91 Minuten eine um acht Minuten kürzere Durchlaufzeit als $SIM2_{(sp_i)}$ (99 Minuten).
- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* verfehlt $SIM2_{(sp_i)}$ mit 38 Minuten eine Verbesserung im Vergleich zu $SIM3_{(sp_i)}$ mit 37 Minuten. $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt eine Gesamtverbesserung von 34 Minuten. Insgesamt liegen die Erwartungswerte aller Simulationsmodellvarianten eng beieinander.

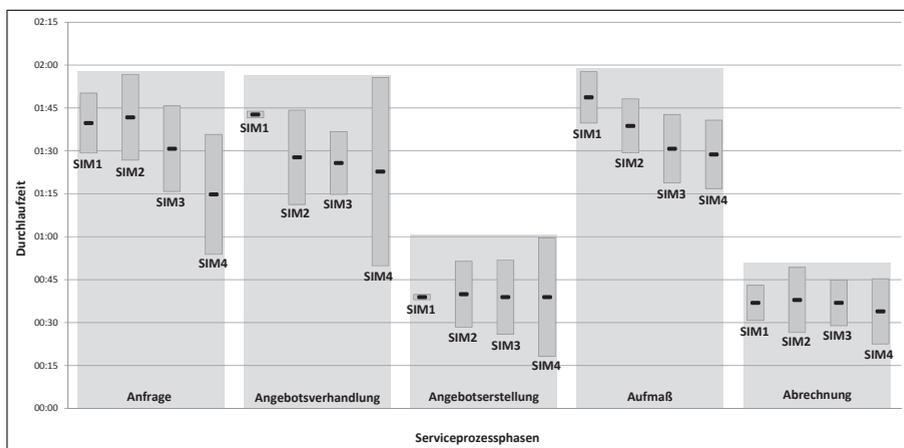


Abbildung 141: Durchschnittliche Durchlaufzeiten und Streuung von SX_4

Für das Simulationsexperiment SX_4 werden nachfolgend zusätzlich die Einsparungen an *Durchlaufzeiten* in den einzelnen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Kleinauftrag* betrachtet (Abbildung 142).

- Für die Serviceprozessphase *Anfrage* werden im Vergleich zu den empirischen Messergebnissen Einsparungen an der Durchlaufzeit von vier Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), zwei Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$) und 13 Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) erreicht. Die Simulationsmodellvariante ($SIM4_{(sp_i)}$) benötigt 29 Minuten weniger als die empirisch erfasste Durchlaufzeit.
- Die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ des Serviceprozesses *Angebotsverhandlung* erbringt das kleinste Einsparpotenzial von drei Minuten. $SIM4_{(sp_i)}$ führt mit 23 Minuten, während $SIM3_{(sp_i)}$ mit 20 Minuten mehr eingesparte Durchlaufzeit als $SIM2_{(sp_i)}$ mit 18 Minuten aufzeigt.

- Für die Simulationsmodellvariante $SIM1_{(sp_i)}$ des Serviceprozesses *Angebotserstellung* ergibt sich mit 14 Minuten das identische Einsparpotenzial wie für $SIM3_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$, während $SIM2_{(sp_i)}$ 13 Minuten Einsparung aufweist.
- Für die Serviceprozessphase *Aufmaß* liegen Einsparungen von sechs Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), 16 Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), 24 Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal 26 Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$) vor.
- Für die Serviceprozessphase *Abrechnung* werden Einsparungen von zwölf Minuten ($SIM1_{(sp_i)}$), elf Minuten ($SIM2_{(sp_i)}$), zwölf Minuten ($SIM3_{(sp_i)}$) und maximal 15 Minuten ($SIM4_{(sp_i)}$) erreicht. Die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ erzielt bis auf den Serviceprozess *Angebotserstellung* für jede Serviceprozessphase und jeden Serviceprozess die höchsten Einsparpotenziale.

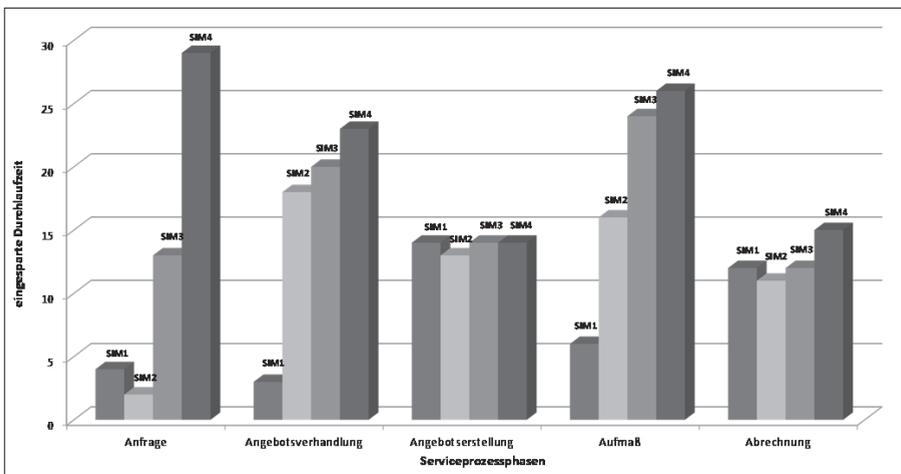


Abbildung 142: Durchschnittliche Einsparungen an Durchlaufzeiten von SX_4

Eine Gesamtverbesserung ist durch die Kumulation aller Verbesserungspotenzial mit $SIM4_{(sp_i)}$ nur knapp erreichbar. Insgesamt weist die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ für jede Serviceprozessphase die höchsten Einsparpotenziale auf.

8.5 Bewertung der Prozesssimulation

Die Simulationsergebnisse der durchgeführten Simulationsexperimente und der vorgeschlagene Simulationsansatz werden einer abschließenden Bewertung unterzogen.

8.5.1 Bewertung der Simulationsergebnisse

Die Simulationsexperimente bestätigen die Hypothesen zu den Verbesserungspotenzialen durch die Reduktion von Medienbrüchen an Schnittstellen ($VP1_{(sp_i)}$), die Auflösung von Redundanzen durch Doppeleingaben ($VP2_{(sp_i)}$), durch die Reduktion der Anzahl an Interaktionszyklen ($VP3_{(sp_i)}$) und der Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten sowie der Fehlerquo-

te durch einheitliche Datenformate ($VP4_{(sp_i)}$) und durch die Reduktion von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten durch die Integration elektronischer Geschäftsprozesse ($VP5_{(sp_i)}$).

Im Simulationsexperiment SX_1 erzielt die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ in allen Serviceprozessphasen das größte Verbesserungspotenzial. Während in den Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Abrechnung* die Reduktion von Medienbrüchen durch $VP1_{(sp_i)}$ und die Auflösung von Redundanzen durch $VP2_{(sp_i)}$ die Bearbeitungszeiten positiv beeinflussen, führen in der Serviceprozessphase *Aufmaß* die Auflösung von Redundanzen durch $VP2_{(sp_i)}$, die Unterstützung der Interaktion durch $VP3_{(sp_i)}$ und die elektronischen Prozesse durch $VP5_{(sp_i)}$ zu verbesserten Ergebnissen. Es treten hohe Streuungen in den Serviceprozessphasen *Aufmaß* und *Abrechnung* auf. Im Simulationsexperiment SX_2 erreicht die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ in allen Serviceprozessphasen das größte Verbesserungspotenzial. Während in der Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Abrechnung* sowie im Serviceprozess *Angebotserstellung* die Verbesserungspotenziale durch $VP1_{(sp_i)}$ und $VP2_{(sp_i)}$ die Durchlaufzeiten positiv beeinflussen, führen im Serviceprozess *Angebotsverhandlung* und in der Serviceprozessphase *Aufmaß* die Verbesserungspotenziale durch $VP2_{(sp_i)}$, $VP3_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$ zu verbesserten Ergebnissen. Es liegen hohe Streuungen im Serviceprozess *Angebotsverhandlung* vor. Im Simulationsexperiment SX_3 zeigt die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ in allen Serviceprozessphasen das größte Verbesserungspotenzial auf. Während in den Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Abrechnung* die Reduktion von Medienbrüchen durch $VP1_{(sp_i)}$ und die Auflösung von Redundanzen durch $VP2_{(sp_i)}$ die Bearbeitungszeiten positiv beeinflussen, führen in der Serviceprozessphase *Aufmaß* die Auflösung von Redundanzen durch $VP2_{(sp_i)}$, die Unterstützung der Interaktion durch $VP3_{(sp_i)}$ sowie die elektronischen Prozesse $VP5_{(sp_i)}$ zu verbesserten Ergebnissen. Es werden hohe Streuungen in den Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Aufmaß* verzeichnet. Im Simulationsexperiment SX_4 ergeben sich für die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ in allen Serviceprozessphasen das größte Verbesserungspotenzial. Während in der Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Angebotserstellung* und *Abrechnung* die Verbesserungspotenziale durch $VP1_{(sp_i)}$ und durch $VP2_{(sp_i)}$ die Durchlaufzeiten positiv beeinflussen, führen im Serviceprozess *Angebotsverhandlung* und in der Serviceprozessphase *Aufmaß* die Verbesserungspotenziale durch $VP2_{(sp_i)}$, $VP3_{(sp_i)}$ und durch $VP5_{(sp_i)}$ zu verbesserten Ergebnissen. Es zeigen sich hohe Streuungen in den Serviceprozessen *Angebotsverhandlung* und *Angebotserstellung* sowie in der Serviceprozessphase *Anfrage*. In den Serviceprozessphasen *Aufmaß* und *Abrechnung* wirken sich die Verbesserungspotenziale $VP3_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$ für beide Dienstleistungsauftragstypen günstiger aus als in den Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Angebot*. Damit ergibt sich eine Unterstützung der Interaktion zwischen Dienstleistungsnachfragern und Dienstleistungsanbietern durch elektronische Serviceprozesse, die innerhalb einer Softwareanwendung abgebildet sind. In der Serviceprozessphase *Anfrage* beim Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme* führt die Reduktion von Medienbrüchen durch $VP1_{(sp_i)}$ zu verbesserten Ergebnissen gegenüber den anderen Verbesserungspotenzialen. Beim Serviceprozess *Angebotserstellung* beim Dienstleistungsauftragstyp *Kleinauftrag* erzielt $VP1_{(sp_i)}$ ebenfalls verbesserte Ergebnisse im

Vergleich zu anderen Verbesserungspotenzialen. In den Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Aufmaß* werden im Vergleich zu den anderen Serviceprozessphasen durch die Kumulierung aller Verbesserungspotenziale die größten Einsparungen erreicht. Bei den Serviceprozessen *Angebotsvergleich* und *Angebotserstellung* führt die Kumulierung aller Verbesserungspotenziale der Simulationsmodellvarianten $VP1_{(sp_i)}$, $VP2_{(sp_i)}$, $VP3_{(sp_i)}$, $VP4_{(sp_i)}$ und $VP5_{(sp_i)}$ nicht zu einer eindeutigen Gesamtverbesserung der Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten. Trotz der Gesamtverbesserung durch die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ treten in allen Serviceprozessphasen bei beiden Dienstleistungsauftragstypen hohe Streuungen auf. Während in den Simulationsexperimenten SX_2 und SX_4 durch die Simulationsmodellvarianten $SIM2_{(sp_i)}$ und $SIM4_{(sp_i)}$ beim Serviceprozess *Angebotsverhandlung* hohe Streuungen vorliegen, sind sie in der Serviceprozessphase *Abrechnung* kaum festzustellen. Daraus folgt, dass die Verbesserungspotenziale beim Serviceprozess *Angebotsvergleich* unterschiedliche Auswirkungen haben, aber in der Serviceprozessphase *Abrechnung* zu konstanten Verbesserungsergebnissen führen.

Die Simulationsexperimente zeigen, dass sich die Hypothesen zu den möglichen Verbesserungspotenzialen $VPI_{(sp_i)}$ durchgängig in allen Simulationsexperimenten bestätigen lassen [HSW13b]. Die Simulationsmodellvariante $SIM4_{(sp_i)}$ mit der Kumulierung aller Verbesserungspotenziale $VPI_{(sp_i)}$ führt in der Reihe der Simulationsexperimenten $SX_1 - SX_4$ für die Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten bei den Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag* zu einer Gesamtverbesserung und damit zu den höchsten Einsparpotenzialen. Die aufgetretenen Streuungen könnten durch Effekte wie Ressourcenkapazitäten erklärt, müssen aber durch weitere Simulationsexperimente untersucht werden. Im Vergleich zu den empirisch gemessenen Prozessmesswerten wurden im Rahmen der Simulationsexperimente verbesserte Prozessabläufe identifiziert. Die Simulationsergebnisse bestätigen ihre Anwendung als potenzielle Forecast-Methode, um ex ante mögliche Verbesserungspotenziale und a priori Abschätzungen zu validieren. Die Implementierung der möglichen Verbesserungspotenziale führt zu einer Senkung von Transaktionskosten der realen Prozessabläufe.

Für die Simulationsdurchführung der Simulationsexperimente $SX_1 - SX_4$ wurden vereinfachte Annahmen getroffen. Als Startmarkierung M_0 wurde ein Dienstleistungsauftrag angenommen und im System betrachtet. Durch die gewählten Zwischenankunftszeiten werden pro Instanziierung weitere Dienstleistungsaufträge parallel bearbeitet. Die Behandlung von Ausnahmen bei Eintreten von Ausnahmesituationen wie Fehlerzuständen (siehe Kapitel 7) wurde nicht berücksichtigt. Ausnahmebehandlungsmechanismen sind nicht integriert. Dadurch fließen keine zusätzlichen Bearbeitungszeiten von Aktivitäten in das Simulationsmodell ein.

8.5.2 Qualitative Bewertung

Die Prozesssimulation dient als Methode für die Bereitstellung von Handlungsalternativen für zukünftige Prozessabläufe von Serviceprozessmodellen. Sie ermöglicht einen aufwands- und kosteneffizienten Weg, um Serviceprozesse zu analysieren und zu verbessern. Die simulative a priori Abschätzung von Auswirkungen in der Prozessleistungsanalyse

unterstützt die Bestimmung von performanten Serviceprozessen und verkürzt entsprechende Tests während des operativen Betriebs. Die a priori Simulation von Serviceprozessen lässt Ansatzpunkte zur Verbesserung von Serviceprozessmodellen erkennen, indem die Wechselwirkungen verschiedener Prozessvariationen untersucht werden.

Grenzen der Simulation bilden technische Aspekte. Für die softwaregestützte, simulative Analyse wurden Simulationsläufe in einem Zeitraum von einem Jahr und zwei Monaten durchgeführt, da eine größere Anzahl von Simulationsläufen keine verlässlichen Simulationsergebnisse lieferte. Das System befand sich nach den ersten beiden Monaten in einem eingeschwungenen Zustand und die Betrachtung des simulierten Zeitraums ist für die betriebliche Praxis repräsentativ vergleichbar. Im Rahmen der Simulationsexperimente wurden idealisierte Serviceprozesse mit einer geringeren Anzahl an Aktivitäten betrachtet, um die Simulationsläufe mit vertretbarem Aufwand durchzuführen. Umfangreichere Simulationsmodelle mit mehreren Prozesspfaden lassen die Anzahl von Schaltvorgängen rapide wachsen, sodass sie nicht mehr mit einem vertretbaren Aufwand durchgespielt werden können. Ressourcen und Lastveränderungen durch Ressourcen in den Simulationsmodellen wurden nicht betrachtet. Für umfangreichere Simulationsmodelle sind technische Verbesserungen der Skalierbarkeit von Simulationsmodellen und der Effizienz und Effektivität der Simulationsalgorithmen notwendig. Als Geschäftsprozessmodellierungssprache wurden einfache Petri-Netze verwendet, mit deren Ausdrucksmächtigkeit nur einfache Objektstrukturen in den bisherigen Simulationsexperimenten modelliert und simuliert wurden. Höhere Petri-Netze berücksichtigen komplexe Objektstrukturen und Regeln in Simulationsläufen. In zukünftigen Simulationsexperimenten ließen sich XML-Netze zur Modellierung und Simulation von Serviceprozessen als Erweiterung zu den bisherigen Simulationsexperimenten einsetzen, um komplexe Objektstrukturen in Simulationsmodellen zu analysieren. Um die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus den Simulationsexperimenten auf Serviceprozesse der Domäne der Instandhaltung in der betrieblichen Praxis zu prüfen, wurden Prozessmessungen an Serviceprozessen im Rahmen von Anwendungsfällen durchgeführt. Die Messergebnisse werden in Kapitel 9 aufgezeigt.

9 Harmonisierung und Integration von elektronischen Serviceprozessen

Das Kapitel „*Harmonisierung und Integration von elektronischen Serviceprozessen*“ beschreibt die Entwicklung, Anwendung und Evaluierung von E-Business-Lösungen. Es werden Lösungen zur Harmonisierung und Integration des elektronischen Datenaustauschs in Serviceprozessen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung entwickelt und vorgestellt. Sie orientieren sich an dem vorgestellten Metamodell (Kapitel 5) und dem eingeführten Referenzprozessmodell (Kapitel 7). In *Abschnitt 9.1* werden die Ziele der Entwicklung einheitlicher E-Business-Lösungen, der Harmonisierungs- und Integrationslösungen, bestimmt. Anforderungen werden formuliert und Defizite bestehender Lösungen aufgezeigt. Die *Harmonisierungslösung* der Klassifikationsstruktur für Instandhaltungsdienstleistungen¹⁹⁵ auf der Basis des Klassifikationsstandards eCl@ss wird beschrieben und gemäß der identifizierten Anforderungen die *Integrationslösung eBuS-XML*¹⁹⁶ neu entwickelt. *eBuS-XML* unterstützt statische Schnittstellen für den Datenaustausch, Dokumentenaustausch, für die elektronischen Produktkataloge und dynamische Schnittstellen durch gekapselte Serviceprozesse als Web Services. Die Ausgestaltung und Umsetzung der daten- und prozessorientierten Abbildung in betrieblichen Informationssystemen und die Integration von inner- und überbetrieblichen elektronischen Geschäftsprozesse durch die Harmonisierungs- und Integrationslösungen werden in *Abschnitt 9.2* durch konkrete technologische Anwendungen aufgezeigt und bewertet. Der *Abschnitt 9.3* stellt eine quantitative Evaluierung durch Prozessmessungen bei Anwendungsfällen der betrieblichen Praxis vor, die im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts vorgenommen wurden. Die Evaluierung erfolgt durch Kennzahlen für Medienbrüche, Bearbeitungszeiten, Durchlaufzeiten und Bearbeitungskosten. Ein Gesamtfazit über die Entwicklung, Anwendung und Evaluierung der E-Business-Lösungen wird gezogen (*Abschnitt 9.4*).

9.1 Entwicklung von E-Business-Lösungen

Die industrielle Dienstleistungsbeschaffung ist geprägt durch den Einsatz von proprietären E-Business-Lösungen. Geschäftsprozesse und Datenformate sind nicht harmonisiert [HW10b, HWR+10, WHS11]. Es zeigte sich im durchgeführten Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekt, dass die aktuelle Situation in der Beschaffung industrieller Dienstleistungen durch eine Vielzahl uneinheitlicher Lösungen und fehlender Standards geprägt ist [HSW11, HSW12a, WHS11]. Großunternehmen setzen oftmals bereits individuelle E-Procurement-Lösungen beispielsweise in Form von *Supplier Self Service*

¹⁹⁵ Die Klassifikationsstruktur wurde gemeinsam mit Projektpartnern in Kooperation mit dem eCl@ss e. V. erarbeitet. Der Autor war Mitglied der Fachgruppe Instandhaltung bei eCl@ss e. V. sowie im Wissenschaftlichen Beirat (*Scientific Board*) von eCl@ss vertreten.

¹⁹⁶ Das Datenaustauschformat *eBuS-XML* wurde auf Basis der identifizierten Anforderungen von Domänenexperten und Fachanwendern von Projektpartnern und der Analyse der betrachteten Anwendungsfälle (siehe Anhang A) maßgeblich vom Autor entwickelt und in Kooperation mit den Projektpartnern evaluiert.

*Portalen*¹⁹⁷ ein. Diese Lösungen sind in der Regel individuell auf den Bedarf der jeweiligen Unternehmen abgestimmt und zueinander inkompatibel. Daten bzw. Geschäftsdokumente werden auf verschiedenste Art und Weise zwischen Dienstleistungsnachfragern und Dienstleistungsanbietern ausgetauscht und sind damit ebenso vielfältig vorhanden wie die eingesetzten E-Procurement-Lösungen. Entsprechend vielfältig wie die eingesetzten Lösungen gestalten sich auch die Varianten, wie ausgetauschte Daten bzw. Geschäftsdokumente zwischen Dienstleistungsnachfragern und Dienstleistungsanbietern. Der Austausch erfolgt aktuell in Papierform durch Briefe und Faxe oder in elektronischer Form als Excel-, GAEB- oder PDF-Dateien per E-Mail oder über Lieferantenportale. In der Folge treten eine Vielzahl von Medienbrüchen an den Schnittstellen auf, sodass daraus erforderliche manuelle Tätigkeiten und zusätzliche Kosten resultieren. Davon sind diejenigen Dienstleistungsanbieter betroffen, die für mehrere Dienstleistungsnachfrager tätig sind. Durch die Nutzung von harmonisierten Datenaustauschverfahren (*Electronic Data Interchange (EDI)*)¹⁹⁸ an den Schnittstellen ließe sich der Datenaustausch automatisieren, um in der Folge Zeit- und Kosteneinsparungen realisieren zu können. Harmonisierte Schnittstellenspezifikationen ermöglichen die Integration, die Interoperabilität zwischen Softwarekomponenten und den interventionsfreien Austausch von Geschäftsdaten. Zugleich werden durch die Reduktion des Anteils an manuellen Tätigkeiten mögliche Fehlerquellen minimiert.

Zur Überwindung der Schwachstellen ist E-Business in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung besser zu unterstützen. So werden zwei sich gegenseitig ergänzende E-Business-Lösungen entwickelt: eine *Harmonisierungslösung* und eine *Integrationslösung*. Die Harmonisierungslösung ermöglicht die einheitliche Beschreibung von Dienstleistungen durch eine Klassifikationsstruktur. Im Vordergrund steht die Beschreibung von hybriden industriellen Dienstleistungen in der Instandhaltung, die immaterielle und materielle Bestandteile aufweisen. Das Ergebnis ist eine Ergänzung der Klassifikationsstruktur *eCl@ss 7.1*. Die Integrationslösung sieht eine einheitliche Beschreibung von elektronischen Serviceobjekten und Schnittstellen durch ein XML-basiertes Datenaustauschformat für industrielle Dienstleistungen vor. Das Ergebnis der Entwicklung ist das XML-basierte Datenaustauschformat *eBuS-XML (E-Business for Services-XML)*. Die Integrationslösung *eBuS-XML* greift die Klassifikationsstruktur der Harmonisierungslösung auf. Die Integrationslösung wird von der integrierten Modellierungsmethode *iServMod* unterstützt, indem die entwickelten XML-Formate durch domänenspezifische Modellierungselemente für statische und dynamische Schnittstellen modellierbar sind.

¹⁹⁷ *Supplier Self Service-Portal* sind Web-Portale, die einen lieferantenspezifischen, häufig über Portale realisierten Zugriff auf ein kundenseitiges System bieten.

¹⁹⁸ Der *elektronische Datenaustausch (Electronic Data Interchange (EDI))* bezeichnet innerhalb der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) als Sammelbegriff alle elektronischen Verfahren zum asynchronen, vollautomatischen Versand von strukturierten Nachrichten zwischen Anwendungssystemen unterschiedlicher Organisationen.

9.1.1 Anforderungen

Die E-Business-Lösungen sollen durchgängige elektronische Geschäftsprozesse und einen harmonisierten Datenaustausch unterstützen. Die Harmonisierungslösung soll eine einheitliche Beschreibung industrieller Dienstleistungen und deren Eigenschaften (Merkmale) ermöglichen und die Integrationslösung E-Business-Standards der verschiedenen fachlichen Anwendungsbereiche Geschäftsprozesse, Transaktionsstandards, Katalogaustausch und Klassifikation harmonisieren und Serviceprozesse integrieren. An die Entwicklung der E-Business-Lösungen werden auf Basis der analysierten Anwendungsfälle sowie den Anforderungen und dem Feedback von Fachanwendern und Domänenexperten die nachfolgenden Anforderungen gestellt:

- **einheitliche, elektronische Datenaustauschformate für die zwischenbetriebliche Datenintegration** (AF_{EB_1}): Zur Unterstützung von elektronischen Geschäftsprozessen in unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten existiert eine Vielzahl von E-Business-Standards, die in Transaktionsstandards, Katalogstandards, Prozessstandards, Identifikationsstandards und Klassifikationsstandards gegliedert sind. Unternehmensübergreifende, elektronische Geschäftsprozesse integrieren unterschiedliche, heterogene Informationssysteme wie ERP-Systeme, Katalogmanagementlösungen oder SCM-Lösungen. Unterschiedliche E-Business-Standards werden zur Ausgestaltung der elektronischen Geschäftsprozesse eingesetzt. Die dienstleistungsspezifischen E-Business-Lösungen sollen eine Harmonisierung und Integration unterschiedlicher E-Business-Standards durch eine harmonisierte Beschreibung von Daten unterstützen. Daten sollen zwischenbetrieblich direkt vom Quell- zum Zielsystem ohne einen Wechsel der Medien oder eine manuelle Übertragung transportiert werden, um somit Medienbrüche zu vermeiden. Ein einheitlicher Datenaustausch (*syntaktische* und *semantische Interoperabilität*) soll die durchgängige B2B-Integration von Dienstleistungsanbietern und -nachfragern unterstützen. Der einheitliche Dokumentenaustausch soll dienstleistungsspezifische Geschäftsdokumententypen erfassen, die im Rahmen der Dienstleistungsbeschaffung ausgetauscht werden. Für eine *m:n*-fähige Kollaboration ist die Definition von einheitlichen Nachrichtenstrukturen und flexiblen Dokumentenstrukturen notwendig. Die Kommunikation soll sich flexibel an die Bedürfnisse der Organisationen anpassen und durch den synchronen wie asynchronen Nachrichtenversand unterstützt werden.
- **einheitliche und normierte Schnittstellendefinition für die zwischenbetriebliche Anwendungsintegration** (AF_{EB_2}): Eine einheitliche und normierte Schnittstellendefinition soll die Anbindung betrieblicher Informationssysteme und die durchgängige Integration von Geschäftsprozessen unterstützen. Der Einsatz einheitlicher Schnittstellen erleichtert die Integration bestehender IT-Systeme, reduziert den Integrationsaufwand und ermöglicht eine einheitliche Kommunikation zwischen den beteiligten Systemen.
- **Unterstützung des entwickelten Referenzprozessmodells** (AF_{EB_3}): Die Integrationslösung soll sich am entwickelten Referenzprozessmodell orientieren und die Serviceprozesse in den definierten Serviceprozessphasen unterstützen. Die vernetzten Strukturen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung entlang der Wertschöpfungskette führen zu einer Intensivierung kollaborativer Beziehungen (*Collaborative Business*) durch die verteilte und synchronisierte Ausführung von verbundenen Geschäftsaufgaben

[WKV+10]. Kollaborationen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung setzen durchgängige, unternehmensübergreifende elektronische Serviceprozesse voraus. Elektronische Serviceprozesse sollen in heterogenen IT-Landschaften durch vordefinierte Standards und IT-Schnittstellen integriert werden.

- **flexible plattformunabhängige Integrationslösung für bestehende Informationssysteme** (AF_{EB_4}): Eine flexible Softwarearchitekturlösung zwischen Dienstleistungsanbietern bzw. Dienstleistungsnachfragern soll umgesetzt werden, um eine Anbindungsmöglichkeit für Geschäftspartner zu schaffen. Damit sollen sich unterschiedliche Informationssysteme von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern einfacher integrieren lassen.
- **Herstellerunabhängigkeit und offene Standards** (AF_{EB_5}): Die E-Business-Lösungen sollen keine proprietären oder herstellerabhängigen Technologien einsetzen. Die entwickelten Lösungen sollen zu existierenden, offenen Standards kompatibel sein, um eine kompatible Nutzung und Implementierung zu ermöglichen.
- **Verwendung standardisierter Technologien** (AF_{EB_6}): Für die Entwicklung der Integrationslösungen sollen technische Standards und Spezifikationen eingesetzt werden, wie bspw. XML [W3C08], SOAP [W3C07a] oder WSDL [W3C07b]. Die Verwendung von XML als herstellerunabhängiger Standard soll zur Beschreibung und Strukturierung der Daten dienen. Damit werden die verschiedenen IT-Systeme auf Dienstleistungsanbieter- und Dienstleistungsnehmerseite integriert, zwischen denen der Datenaustausch erfolgt.
- **elektronische Beschreibung einfacher und komplexer Datenstrukturen mit Hierarchisierung und Verkettung** (AF_{EB_7}): Die Integrationslösung soll den elektronischen Datenaustausch durch einfache und komplexe Datentypen und durch die Abbildung von Hierarchien und Verkettungen unterstützen. Komplexe Dienstleistungsstrukturen bestehen aus materiellen und immateriellen Anteilen. Existierende Integrationslösungen wie E-Business-Standards sind allein auf die Unterstützung von Sachgütern (*Goods dominant logic* [VL04]) fokussiert. Damit Informationssysteme den dienstleistungsspezifischen Datenaustausch in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung unterstützen können, sollen die E-Business-Lösungen der Beschreibung von dienstleistungsspezifischen Entitäten dienen (*Service dominant logic* [VL04]).
- **Unterstützung von Klassifikationsstrukturen für Dienstleistungen** (AF_{EB_8}): Die Harmonisierungslösung soll die Angabe von Klassifikationsstrukturen und zugehörigen Merkmalen ermöglichen und abbilden.
- **einfache Anbindungsvoraussetzungen** (AF_{EB_9}): Dienstleistungsanbieter, die keine komplexe Systeme (z. B. ERP-Systeme) besitzen, sollen trotzdem die Möglichkeit haben, mit dem Dienstleistungsnachfrager auf eine einfache Art zu kommunizieren bzw. mit ihm zusammen zu arbeiten. Dies betrifft vor allem KMU (besonders Kleinst-KMU), die in der Regel im Gegensatz zu teuren ERP-Lösungen einfache Office-Systeme verwenden.
- **modulare, horizontale und vertikale Erweiterung** ($AF_{EB_{10}}$): Die Integrationslösung soll modular aufgebaut und für zukünftige Anforderungen erweiterbar sein. Ein zentrales XML-Schema hat die Aufgabe, dienstleistungsspezifische Datentypen zu beschreiben, die von den weiteren, entwickelten XML-Schemata referenziert werden. Die Integrationslösungen sollen um weitere Dienstleistungsarten, Dienstleistungsdomänen (*horizon-*

tale Diversifikation) sowie um weitere Beschreibungen dienstleistungsspezifischer Entitäten (Datentypen) (*vertikale Diversifikation*) erweiterbar sein. Eine Erweiterung um elektronische Wertschöpfungsprozesse von primären und sekundären Wertschöpfungsaktivitäten entlang der Service Chain soll unterstützt werden.

- **Unterstützung verschiedener zukünftiger Verwendungsmöglichkeiten** (AF_{EB11}): Die Entwicklung der E-Business-Lösungen soll unterschiedliche zukünftige Verwendungsoptionen ermöglichen:
 - *Erweiterung existierender E-Business-Standards*: Existierende E-Business-Standards sollen sich um Elemente der Struktur sowie der Beschreibung von Entitäten erweitern lassen. Dadurch werden Defizite vorhandener E-Business-Standards ausgeglichen.
 - *Entwicklung von Adaptoren und Transformationsregeln*: Die Integrationslösung könnte sich um Adaptoren¹⁹⁹ auf Basis von XML-Schemata für die Verknüpfung existierender E-Business-Standards erweitern lassen. Mit Hilfe von XSLT [W3C07a] bspw. können Transformationsregeln definiert werden, um XML-Dokumente unterschiedlicher XML-Schemata zu transformieren.

9.1.2 Defizite bestehender Lösungen

Bisher existiert keine Klassifikationsstruktur für eine einheitliche Beschreibung (*Harmonisierung*) von industriellen Dienstleistungen und deren charakteristischen Eigenschaften. Existierende Standardklassifikationssystemen wie UNSPSC [UNSPSC03], *ElektroTechnisches InformationsModell (ETIM)* [ETIM12], *proficl@ss* [PC12], *bau:class* [FD12], *PROLIST INTERNATIONAL e. V.* [PR12], *Global Product Classification (GPC)* [GS1d] und *ECCMA Open Technical Dictionary (eOTD)* [EC12] zielen in erster Linie auf die Produktklassifikation ab und betrachten Dienstleistungen nur rudimentär (*nicht-parametrische Klassifikationsstandards*²⁰⁰). Dienstleistungen werden teilweise klassifiziert, aber ohne Merkmalsbeschreibungen dargestellt. Der Klassifikationsstandard eCl@ss beschreibt Dienstleistungen durch Klassifikationsstrukturen und Merkmale mit Merkmalswerten (*parametrischer Klassifikationsstandard*). Mit dem Release eCl@ss 7.0 [EC11] wurde erstmals ein Klassifikationsstandard veröffentlicht, der industrielle Dienstleistungen durch hierarchische Klassifikationsstrukturen mit Merkmalen und Merkmalswerten abbildet. Im Maschinen- und Anlagenbau hat sich bisher kein einheitlicher Standard für die Gestaltung von Geschäftsprozessen und Datenflüssen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung etabliert. Es existieren viele branchenspezifische Standards und branchenneutra-

¹⁹⁹ Ziel der Entwicklung von *Adaptoren* ist die Spezifikation einer geeigneten Schnittstelle, um verschiedene nicht harmonisierte Datenformate zu verknüpfen. Eine Normalisierung des Formats der übertragenen Daten wird durchgeführt. Adaptoren unterstützen die Integration verschiedener Input- und Outputdaten in Informationssystemen.

²⁰⁰ *Nicht-parametrisierte Klassifikationsstandards* beinhalten nur eine Strukturierung von Objekten. Es entfällt eine standardisierte Merkmalsbeschreibung im Klassifikationsstandard. *Parametrisierte Klassifikationsstandards* beschreiben die strukturierten Objekte zusätzlich über Merkmale und Werte. Die Ausprägungen der Materialien und Leistungen werden über Merkmalsbeschreibungen dargestellt. Für Merkmale liegen standardisierte Beschreibungen vor [Ab06].

le Standards für Geschäftsprozesse und Transaktionen, die jedoch zu einer unübersichtlichen Vielfalt an Funktionen und Definition führen.

Für die Entwicklung der E-Business-Lösungen wurden existierende Standards analysiert und bewertet, für die Entwicklung der Integrationslösung *eBuS-XML* ließen sich bestehende E-Business-Standards und technische Schnittstellenformate wie *SAP OCI*²⁰¹ und *SAP iDOC*²⁰² analysieren und in die Entwicklung einbeziehen. Es zeigte sich, dass kein existierender Standard alle Voraussetzungen und Anforderungen an die elektronische Beschaffung von Dienstleistungen erfüllt. So definiert der Standard *Universal Business Language (UBL)* nicht alle erforderlichen Geschäftsdokumententypen für die Dienstleistungsbeschaffung. Der Ansatz *Universal Service Description Language (USDL)* [W3C05] ist auf Dienste fokussiert, die über das Internet als On-Demand-Applikation angefordert werden können, berücksichtigt aber keine Gestaltungselemente und Merkmale industrieller Dienstleistungen. Auch *openTRANS* [Fr12] entwickelt nicht alle erforderlichen Geschäftsdokumententypen für die Beschaffung. Der Katalogstandard *BMEcat* [BM12] unterstützt die Abbildung und Beschreibung von hybriden Dienstleistungen nur unzureichend. Der Prozessstandard *ebXML* [OASIS06b] setzt auf vorhandene E-Business-Standards, ist ohne direkten Branchenbezug konzipiert und unterstützt keine spezifischen Strukturen für die Beschaffung von Dienstleistungen. Der Transaktionsstandard *GAEB DA XML* [GAEB09] steht vornehmlich Bauleistungen zur Verfügung. Seine semantische Struktur zur Beschreibung von Dienstleistungen ist jedoch nicht für einen flexiblen modularen Aufbau von immateriellen und materiellen Bestandteilen industrieller Dienstleistungen gedacht. Es zeigt sich deutlich, dass es an einer spezifischen Unterstützung der Beschreibung von industriellen Dienstleistungen und allgemein an der Beschreibung von dienstleistungsspezifischen Daten für die Dienstleistungsbeschaffung fehlt. Die Tabelle 19 vergleicht detailliert die Unterstützung von Leistungsmerkmalen durch existierende E-Business-Standards und *eBuS-XML*. USDL²⁰³ wurde keinem direkten Vergleich unterzogen, da sie keine Datenstrukturen für industrielle Dienstleistungen definiert. Die zurzeit am Markt existierenden Standards sind zu unflexibel und zwingen Anwender, eigene Erweiterungen zu definieren. Aus vielen bestehenden Standards haben sich daher „Standardfamilien“ entwickelt. Der am weitesten verbreitete Standard ist UN/EDIFACT, der mittlerweile eine Komplexität²⁰⁴ durch eine Vielzahl an unterstützten Nachrichtentypen aufweist, die aus wachsenden Bedürfnissen von Kunden resultieren.

²⁰¹ Die SAP-Katalogschnittstelle *Open Catalogue Interface (OCI)* definiert ein Protokoll für die Kommunikation zwischen einem SAP-ERP-System (z. B. *SAP R/3* oder *SAP Netweaver*) und einem externen Katalogmanagementsystem. OCI ist eine offene und standardisierte Katalogdatenschnittstelle zum Austausch von Katalogdatensätzen. Das Protokoll berücksichtigt Sachgüter und Services [SAP12a].

²⁰² Der SAP-Container *intermediate Document (iDOC)* ist ein Behälter für den Datenaustausch zwischen SAP-eigenen und Fremdsystemen und dient als Standard-Schnittstelle [SAP12b]. Das Container- oder Wrapper-Format definiert Meta-Datentypen für die Spezifikation und den Austausch Datenstrukturen.

²⁰³ USDL zielt nicht auf die Beschreibung hybrider Dienstleistungen ab. Sie berücksichtigt keine spezifischen Gestaltungselemente und Merkmale industrieller Dienstleistungen. Siehe auch Kapitel 4.

²⁰⁴ UN/EDIFACT definiert über 200 verschiedenen Nachrichtentypen und 8000 Felder und verfügt über firmenspezifische Anpassungen, sogenannte Substandards. So haben sich über 18 verschiedene Subsets verschiedener Branchen etabliert [GS1e]. EDIFACT ist zudem für KMU unwirtschaftlich durch die hohen Implementierungskosten und die geringe Flexibilität bei Erweiterungen oder Änderungen sowie der langsamen Anpassung des Standards an sich verändernde Geschäftsprozesse [Le06].

Tabelle 19: Defizite existierender E-Business-Standards

Anforderungen	E-Business-Standards									
Legende: ● : erfüllt ◐ : bedingt erfüllt ○ : nicht erfüllt ⊗ : nicht relevant	UBL ²⁰⁵	USDL ²⁰⁶	openTRANS ²⁰⁷	BMEcat ²⁰⁸	ebXML ²⁰⁹	GAEB DA XML ²¹⁰	UNSPSC ²¹¹	eCI@ss 6.x ²¹²	eCI@ss 7.1 ²¹³	eBus-XML
Modularität von Datentypen	○	●	○	○	●	●	⊗	⊗	⊗	●
Unterstützung von Hierarchien	●	●	○	○	○	●	⊗	⊗	⊗	●
Verknüpfung von Dienstleistungen	○	●	●	●	○	○	⊗	⊗	⊗	●
hybride Dienstleistungsstrukturen	○	○	●	●	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Klassifikation von Dienstleistungen	○	○	●	●	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Kontraktmanagement	○	○	○	○	○	●	⊗	⊗	⊗	●
Rollenidentifikation	○	●	●	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Beschreibung externer Faktor	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Leistungsverzeichnis	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
elektronischer Produktkatalog	○	○	○	●	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Ausnahmen und Fehlerbehandlung	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Geschäftsdokumententypen in der Dienstleistungsbeschaffung	○	○	●	○	○	●	⊗	⊗	⊗	●
Beschreibung von Schnittstellen	○	●	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Datentypenbibliothek	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Budgetlimit und freie Dienstleistungspositionen	○	○	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Unterstützung flexibler Architekturen durch SOA	○	●	○	○	○	○	⊗	⊗	⊗	●
Klassifikationsstruktur für Dienstleistungen	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	●	●	●	●
Klassifikationsstruktur für industrielle Dienstleistungen	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	○	●	●	●
Klassifikationsmerkmale und Merkmalswerte für industrielle Dienstleistungen	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	○	○	●	●

Des Weiteren existieren viele proprietäre, individuell entwickelte Schnittstellenlösungen. Unternehmen, die sich in industriellen Dienstleistungsnetzwerken neu eingliedern, müssen daher auf existierende, proprietäre Integrationslösungen oder auf existierende E-Business-Standards zurückgreifen und diese adaptieren. So sind keine Ad-hoc-Anbindungen neuer Unternehmen in bestehende Dienstleistungsnetzwerke möglich. In der Folge entstehen Anpassungs- und Implementierungsaufwände für die Eingliederung eines Unternehmens.

²⁰⁵ Universal Business Language (UBL) v2.0 vom 12. Dezember 2006.

²⁰⁶ Unified Service Description Language (USDL) v3.0 Milestone 4 vom 15. April 2010.

²⁰⁷ openTRANS Version 2.1 vom 27. August 2010.

²⁰⁸ BMEcat Release 2005 vom 4. November 2004.

²⁰⁹ ebXML Business Process Specification Schema Version 1.01 vom 16. Februar 2001.

²¹⁰ GAEB DA XML Version 3.1 vom Dezember 2009.

²¹¹ United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC) Version 2 von 2005.

²¹² eCI@ss Release 6.x von 2009.

²¹³ eCI@ss Release 7.1 mit der Klassifikationserweiterung um industrielle Dienstleistungen in der Instandhaltung vom 30. November 2011.

9.1.3 Harmonisierungslösung

Obwohl sich in der wissenschaftlichen Literatur zahlreiche Ansätze für die Klassifizierung von Dienstleistungen (siehe bspw. [Sh77]) finden, wurden Dienstleistungen bislang in standardisierten Klassifikationssystemen nur unzureichend berücksichtigt [HW09]. Sie bleiben entweder gänzlich unberücksichtigt bzw. erhalten keine eigene Klassifikationsstruktur oder werden als Merkmale aufgeführt²¹⁴. eCl@ss kennzeichnet Dienstleistungen bislang als *sprechende Schlüssel*²¹⁵ [Ei10]. In Kooperation mit eCl@ss e. V. wurde auf Basis der identifizierten Anforderungen im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts eine *Harmonisierungslösung* in Form einer neuen Klassifikationsstruktur für industrielle Dienstleistungen in der Instandhaltung als Erweiterung des Klassifikationsstandards eCl@ss gemeinsam erarbeitet und entwickelt²¹⁶. Es galt, auf der Grundlage der Basisstruktur des vierstufigen Klassifikationssystems eine Klassifikationsstruktur und die Klassifikationsmerkmale zu definieren. Innerhalb der neuen Klassenstruktur des Sachgebiets Instandhaltung werden Dienstleistungen ohne materielle Anteile beschrieben und über die zugehörige Merkmalsstruktur zu instand zu haltenden Objekten (Anlagen bzw. Investitionsgüter) und benötigten Materialien referenziert [HW10b]. Mit *eCl@ss Release 7.0* wird im ersten Schritt ein neues eigenes Sachgebiet *Instandhaltung* mit der Klassifikationsnummer 15 eingeführt²¹⁷. Für die Verwendung des standardisierten Klassifikationssystems eCl@ss für Dienstleistungen ergeben sich folgende Vorteile [Ma08a]:

- *Warengruppenstruktur*: Die Klassifikationsstruktur stellt klare Warengruppenstrukturen durch Warengruppenschlüssel (Dienstleistungsschlüssel) dar.
- *monohierarchische Basisstruktur*: Jede Dienstleistung und ihre Klassifikationsstruktur werden nur einmal abgebildet.
- *Abbildung der Wertschöpfungskette*: Die Klassifikationsstruktur gibt die Wertschöpfungskette wieder und kann in jedem Wertschöpfungssegment eingesetzt werden.
- *funktionale Integration*: Unternehmen werden durch die Harmonisierung von Stammdaten über einheitliche Klassifikationsstrukturen in Wertschöpfungsketten einfacher eingebunden.
- *Kostencontrolling*: Aus eCl@ss-Strukturen lassen sich Controllingstrukturen ableiten, um ein effizientes Kostencontrolling zu realisieren.
- *einheitliche Datenbasis*: Durch den Einsatz von eCl@ss wird eine einheitliche Datenbasis für den dienstleistungsbezogenen Datenaustausch zur Verfügung gestellt. Probleme möglicher Dateninkonsistenzen beim elektronischen Datenaustausch aufgrund branchenspezifischer Klassifikationsstandards entfallen bei Nutzung eines

²¹⁴ Im Klassifikationssystem *UNSPSC* werden Dienstleistungen als Attribute auf der fünften Hierarchiestufe als *Business Function Identifier* (BFI) klassifiziert [UNSPSC01].

²¹⁵ Die Klassifikation einer Dienstleistung erfolgt als Beschreibung in Produktklassen auf der untersten Hierarchieebene und wird ohne Merkmale oder nur als reines Klassifikationsmerkmal beschrieben.

²¹⁶ Die Ergebnisse der Entwicklung der Klassifikationsstruktur wurden im Rahmen des Forschungstransferprojekts in die Fachgruppe Instandhaltung eingebracht. Die Klassifikationsstruktur wurde mit dem eCl@ss-Release 7.0 vom Februar 2011 veröffentlicht und ist unter [EC11a] einsehbar.

²¹⁷ Weitere neue Sachgebiete von industriellen Dienstleistungen wie Logistik und Entsorgung folgen in weiteren Releases.

branchenübergreifenden Klassifikationsstandards für die Stammdaten, die einheitlich in verwendeten IT-Systemen implementiert sind [Ab06].

- *eindeutige und einheitliche Semantik*: Eine eindeutige Semantik einer Dienstleistung führt zu Konsistenz und Harmonisierung beim Einsatz über verschiedene Unternehmensabteilungen und -bereiche hinweg. Die Beschreibung von Dienstleistungen ist interpretierbar, d. h. sie trägt zur Bedeutung der syntaktischen Struktur bei und kann automatisiert verarbeitet werden. Die Klassifikation dient der einheitlichen Beschreibung von technischen Materialien und Leistungen für die Abbildung in globalen Warengruppen und für den standardisierten Austausch von gemeinsamen elektronischen Daten zwischen Kunden und Lieferanten.
- *lokale und globale Datensynchronisation*: Die Stammdatenharmonisierung durch den Klassifikationsstandard reichert Leistungsstammdaten von verteilten Datenbanken (Stammdatenpools), internen Stammdatenpools und von zentralen Datenbanken (zentrale Stammdatenpools) mit Klassifikationsschlüsseln und Klassifikationsmerkmalen entlang der gesamten Wertschöpfungskette an [LLG04]. Interne Stammdatenpools werden mit einem zentralen Stammdatenpool synchronisiert. Aufgrund der eindeutigen Beschreibung der Leistungen weisen die Stammdatenpools (*Repositories*) konsistente Leistungsstämme auf. Leistungsstämme können einerseits intern und andererseits dezentral im verbundenen zentralen Stammdatenpool erstellt und gepflegt werden. Auf diese Weise können Leistungsstammdaten beschreiben in betrieblichen Informationssystemen sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch unternehmensübergreifend beschrieben werden.
- *Spend Analysis*: Die Spend Analysis²¹⁸ ermöglicht Auswertungen für den Einkauf, um festzustellen, wie viele Dienstleistungen einer Dienstleistungsart von welchem Lieferanten bezogen wurden. Diese Auswertungsmöglichkeiten dienen der Optimierung des Einkaufs. Durch die Klassifikation werden Dienstleistungen deutlich schneller aufgefunden.

Die neue Klassifikationsstruktur des Sachgebiets 15 ist in Abbildung 143 aufgeführt. Für die neue Klassifikationsstruktur wird auf der ersten Ebene „*Sachgebiet*“ die Domäne „*Instandhaltung*“ mit der Nummer 15 neu definiert. Auf der zweiten Ebene (*Hauptgruppe*) und auf der dritten Ebene (*Gruppe*) werden objektspezifische Klassen abgebildet, die sich der ersten Ebene des Sachgebiets *Instandhaltung* unterordnen. Die Abbildung der objektspezifischen Struktur folgt der betrieblichen Praxis. Der branchenübergreifende Klassifikationsstandard klassifiziert Produkte und Dienstleistungen als strukturierte Abbildung von Beschaffungsmärkten entlang der Supply Chain bzw. Service Chain. Diesem branchenübergreifenden Verständnis der Beschaffungsmärkte folgt die objektspezifische Struktur der Hauptgruppen- und Gruppenebene. Die zweite Ebene „*Hauptgruppe*“ bildet einen Teilbereich der Domäne ab. Die verwendeten Klassifikationsklassen und Attribute sind aus vorhandenen Produktklassifikationsklassen entnommen und spezifizieren Domänencluster

²¹⁸ Die *Spend Analysis* (Ausgabenanalyse) ist eine betriebswirtschaftliche Methode und beschreibt den Prozess der Datensammlung, Datenbereinigung, Datenklassifikation und Analyse von Aufwandsdaten mit dem Ziel, Kosten im Einkauf zu reduzieren, die Effizienz zu verbessern und die Compliance zu überwachen. Die Spend Analysis dient der Beantwortung der Fragen, was, wann, bei wem zu welchem Preis etwas gekauft wird [AB11].

der Instandhaltung. Beispiele für Domänen sind *Gebäudetechnik*, *Lüftungssysteme*, *Bau-technik* oder *Maschinentechnik*. Auf dieser Ebene werden 42 Klassen spezifiziert.

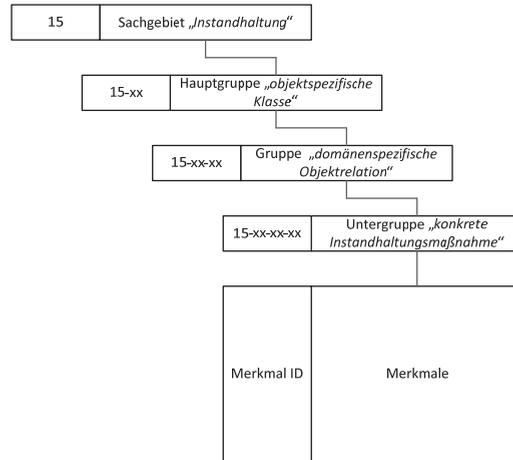


Abbildung 143: Klassifikationsstruktur für industrielle Dienstleistungen in der Instandhaltung

Die dritte Ebene „Gruppe“ definiert eine domänenspezifische Objektrelation zu einem externen Faktor, an dem eine Dienstleistung ausgeführt wird. Die Handlungsfelder werden genauer bestimmt und granularer beschrieben. Die Klassen orientieren sich an den Gruppen vorhandener Sachgüterklassifikationsstrukturen. Die vierte Ebene „Untergruppe“ greift die Klassennamen der Gruppe auf und ergänzt sie um eine konkrete spezifische Instandhaltungsmaßnahme zu einer industriellen Dienstleistung. Als spezifische Instandhaltungsmaßnahmen werden die Attribute *Inspektion*, *Wartung*, *Instandsetzung*, *Verbesserung* sowie *Instandhaltung (nicht klassifiziert)* als Dienstleistungen definiert, die auf den existierenden Standards DIN 31051 [DIN03] und DIN 13306 [DIN10a] basieren. Der Untergruppe sind Merkmale über Merkmalsleisten zuzuordnen. Die den Untergruppen zugewiesenen Merkmale beschreiben sowohl die Art der Instandhaltung als auch Objekt- und Materialbezüge. Auf der vierten Ebene „Untergruppe“ werden domänenspezifische *Merkmale* des Sachgebiets festgelegt. Die neuen Merkmalsgruppen und Grundmerkmale des Sachgebiets *Instandhaltung* sind in der Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Merkmalsgruppen und Grundmerkmale des Sachgebiets *Instandhaltung*

Merkmalsgruppe	Grundmerkmale
Kopfdatenbasismerkmale	Anbieter
	Anbieter Identifikations-Nr.
	GTIN
	Leistungskurztext
	Leistungslangtext
	Leistungseinheit
	Massen
	Einheitspreis
	Vertragsdauer
Objektbezug	Klassennummer
	Klassifikationssystem
	Version Klassifikationssystem
	Objekt Identifikations-Nr.

<i>Merkmalsgruppe</i>	<i>Grundmerkmale</i>
	Objekt der Erbringung
	Objektadresse
	Objektbezeichnung
	Objekthersteller
<i>Lokale Rahmenbedingungen</i>	Zugänglichkeit
	Ex-Schutz-Zone
	Arbeitsgebiet
	Material für Dienstleistung
	Werkzeugbeistellung
<i>Anforderungen und Qualifikation an Dienstleister</i>	Genehmigungskonformität
	Zertifikate und Zulassungen
	Personalstärke
	Personalqualifikation
<i>Anforderung an Auftragsabwicklung und Ausführung</i>	Werkzeuge
	Material
	Ausführungsnorm
	Verordnungen, Normen
<i>Zeiten</i>	Vorlaufzeit
	Ausführungszeit
	Ausführungszeitraum
	Reaktionszeit
	Bereitschaftszeit

Die Abbildung 144 verdeutlicht beispielhaft die Klassifizierung der Dienstleistung „Wartung eines Lüftungssystems“. Auf der ersten Ebene „Sachgebiet“ wird eine neue „Instandhaltung“ mit der Klassennummer 15 definiert. Die Klassifikationszuweisung auf der zweiten Ebene ist die Hauptgruppe *Gebäudetechnik* mit der Klassennummer 15-05. Die dritte Ebene „Gruppe“ verfeinert die *domänenspezifische Klasseneinteilung* der zweiten Ebene. Sie steht beispielhaft für *Luftbehandlung, Lüftungssystem* mit der Klassennummer 15-05-02 und dominiert die vierte Ebene „Untergruppe“.

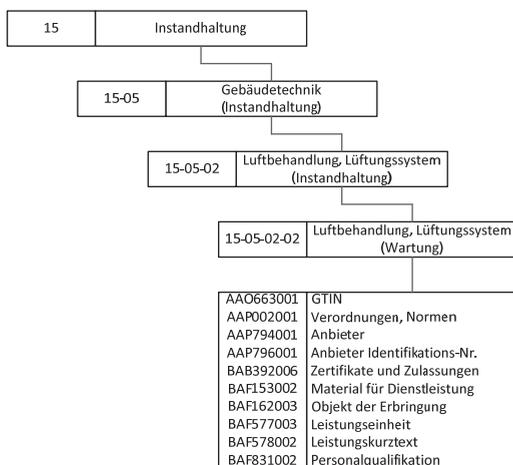


Abbildung 144: Klassifizierung der Dienstleistung „Wartung eines Lüftungssystems“

Die „Untergruppe“ greift die domänenspezifische Objektrelation erneut auf und fügt eine konkrete Grundmaßnahme der Instandhaltung hinzu. Diese Ebene stellt in dem Beispiel die Klasse *Luftbehandlung, Lüftungssystem (Wartung)* mit der Klassennummer 15-05-02-02.

Die zugehörigen Merkmale der Untergruppe *Luftbehandlung, Lüftungssystem (Wartung)* sind *GTIN [GS1a], Verordnungen, Normen, Anbieter, Anbieter Identifikations-Nr., Zertifikate und Zulassungen, Material für Dienstleistung, Objekt der Erbringung, Leistungseinheit, Leistungskurztext und Personalqualifikation*.

Die Nutzung eines Klassifikationssystems dient der Möglichkeit, hybride Dienstleistungsstrukturen über Merkmale zu beschreiben. Dienstleistungen und Materialien werden getrennt klassifiziert und beschrieben. Innerhalb der Klassen werden daher auch keine Materialien beschrieben, sondern nur Dienstleistungen. Die Verbindung zu den instand zu haltenden Objekten sowie zu den benötigten Materialien erfolgt über Merkmale. Die Grundidee der entwickelten Klassifikationsdefinition basiert auf der Warengruppendefinition²¹⁹ industrieller Instandhaltungsdienstleistungen in betrieblichen Informationssystemen. Die Klassifikationsstruktur unterstützt eine Kodierungssystematik²²⁰, die in Form von standardisierten Leistungsverzeichnissen²²¹ und Leistungstexten verwendet werden. Damit entfällt eine separierte Betrachtung von Materialien, Objekten (industrielle Anlagen, Investitionsgüter) und Dienstleistungen. Leistungsstammdaten werden mit Materialstammdaten und Objekten in Beziehung gesetzt. Dienstleistungen werden durch eine Klassifikationsnummer (Dienstleistungsschlüssel als Klassifikationsschlüssel) in Leistungsverzeichnisstrukturen eindeutig beschrieben. Zusätzlich lassen sich mehrere Material- und Objektschlüssel zur eindeutigen Identifikation von benötigten Materialien (Sachgütern) und von den Objekten (externe Faktoren) der Leistungsposition einer Dienstleistung einem Leistungsverzeichnis oder einem elektronischen Produktkatalog zuordnen (siehe Abbildung 145).

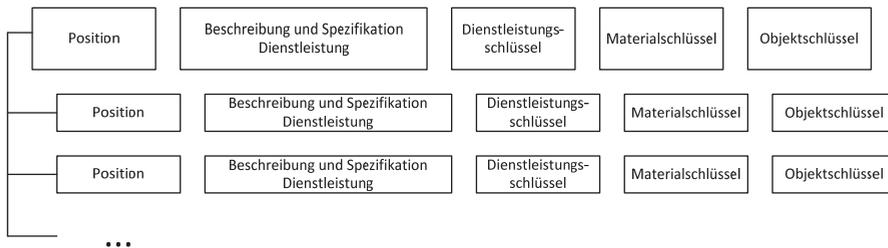


Abbildung 145: Dienstleistungsschlüssel als identifizierendes Merkmal für die Warengruppendefinition

Die steigende Nachfrage nach Dienstleistungen auf den Beschaffungsmärkten impliziert die Notwendigkeit einer klaren Struktur für Dienstleistungen, den Datenaustausch und die Beschreibung von Dienstleistungen. Im Hinblick auf die strukturelle Beschreibung wird in weiteren eCI@ss Releases den Dienstleistungen die gleiche Relevanz zugesprochen wie den Sachleistungen. Das bisherige Datenmodell von eCI@ss bildet eine vierstufige Klas-

²¹⁹ *Warengruppen* klassifizieren und strukturieren das gesamte Warenangebot eines Unternehmens in seiner Breite und Tiefe. Jeder Artikel wird eindeutig einer Warengruppe zugeordnet.

²²⁰ Als *Kodierungssystematik* wird der Zusammenhang zwischen den Tätigkeiten (auszuführenden Dienstleistungen), dem Objekt (an dem die Dienstleistungen ausgeführt werden) und Hilfsmitteln (Materialien) verstanden.

²²¹ Bspw. STL B Dynamische Baudaten [STLB11] für VOB-gerechte Ausschreibungstexte.

namische Klassen zugewiesen. Hierarchische Merkmalslisten sind über eine Vererbungsstruktur eingebunden und unterstützen die Harmonisierung und reduzieren die Anzahl an Merkmalen. Merkmalsblöcke werden dynamisch verknüpft und bieten verschiedene Sichten. Für industrielle Dienstleistungen in kollaborativen Dienstleistungsnetzwerken sind die Sichten Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager relevant. Spezifische Merkmale lassen sich für die verschiedenen Perspektiven anwenden. Merkmale werden in Merkmalsblöcken definiert und in spezifischen Sichten selektiert. Um die hybride Charakteristik industrieller Dienstleistungen präzise abzubilden, sind Material- und Objektrelationen in Merkmalslisten beschrieben. In Abbildung 147 wird ein beispielhafter Ausschnitt der Merkmalsstruktur für eine industrielle Dienstleistung aufgezeigt. Allgemeine Merkmalslisten für alle klassifizierte industriellen Dienstleistungen sowie spezifische Merkmalslisten werden definiert.

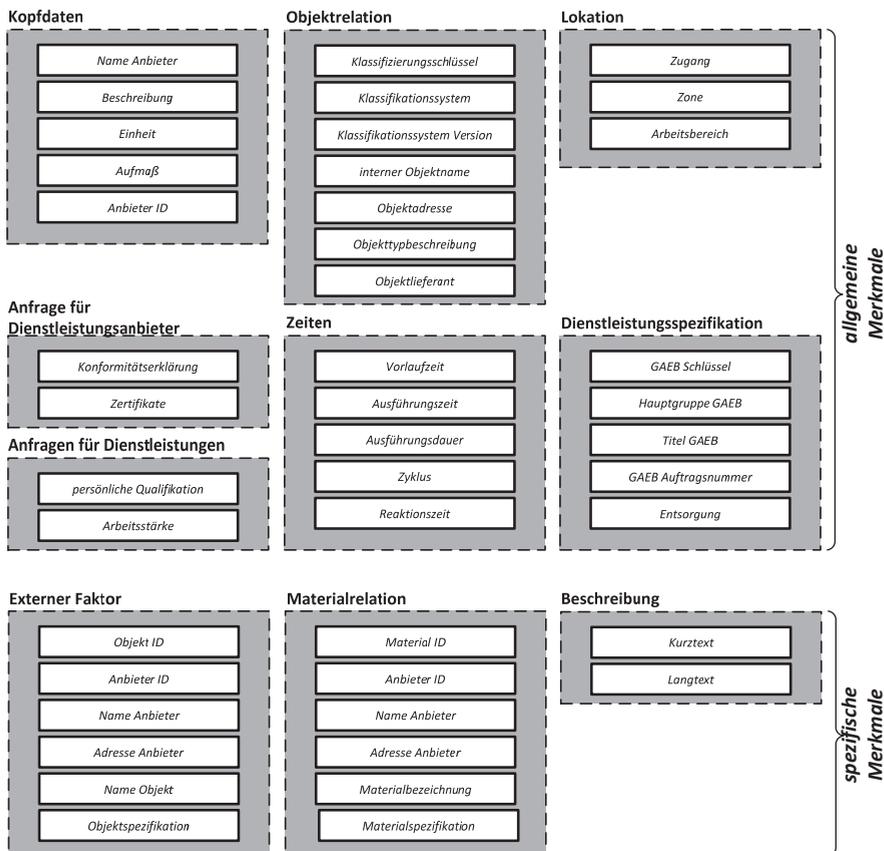


Abbildung 147: Allgemeine und spezifische Merkmalslisten [HW10b]

Die Abbildung 148 stellt die neue Klassifikationsstruktur mit einem Beispiel dar. Die Kategorisierungsklassen der Dienstleistung *Wartung* und der Sachleistung *Ablaufventil* werden gebildet. Mehrere Merkmale sind über das Strukturelement Merkmalsblock gebündelt. Ein Merkmalsblock wird als statisches oder dynamisches Element mit einer Applikationsklasse oder einem Aspekt verknüpft. Merkmalswerte sind in Wertelisten gebündelt, die den

Merkmale zugeordnet werden. *Referenzmerkmale* bilden dynamisch weitere mehrfach zu beschreibende Eigenschaften ab (*Kardinalität*). Über sie werden verschiedene Merkmalsblöcke einer Applikationsklasse dynamisch zugewiesen (*Polymorphismus*). Den Applikationsklassen werden Aspekte zugeteilt, um verschiedene Sichtweisen zu definieren. Die Aspekte kategorisieren Merkmale. Die Merkmale jeder Applikationsklasse sind in *administrative*, *kommerzielle* und *technische* Aspekte sowie in *allgemeine* und *spezifische* Aspekte kategorisiert.

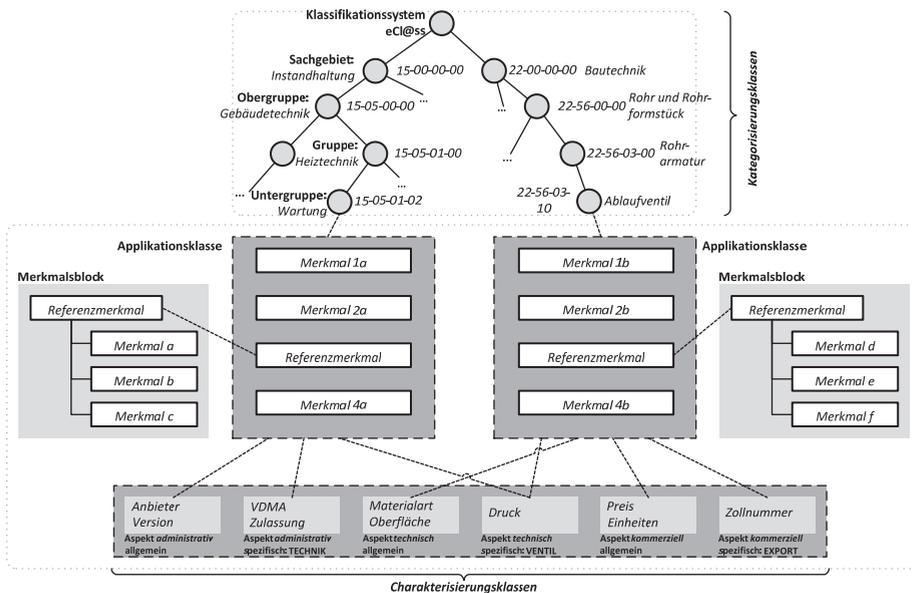


Abbildung 148: Neue Klassifikationsstruktur mit Applikationsklassen, Merkmalsblöcken, Aspekten, Kardinalität und Polymorphismus [HW10b]

9.1.4 Integrationslösung

Die identifizierten Anforderungen durch Projektpartner, Fachanwender und Domänenexperten, die Analyse der Anwendungsfälle und existierender E-Business-Standards führt zur Entwicklung der *Integrationslösung eBusiness for Services-XML (eBuS-XML)*. Unter der Integrationslösung *eBuS-XML* werden verschiedene XML-basierte Formate (XML-Schemata) für das E-Business von industriellen Dienstleistungen zusammengefasst, die unter Berücksichtigung und Einbeziehung existierender fachlicher Standards und Spezifikationen, Normen und PAS entwickelt wurden. Die Integrationslösung *eBuS-XML* besteht aus XML-Schemadokumenten, die in hierarchischer Form verknüpft sind. *eBuS-XML* setzt sich aus den XML-Schemata *eBusiness for Services library (eBuSlib)*, *eBusiness for Services catalogues (eBuScat)*, *eBusiness for Services exchange (eBuSxchange)*, *eBusiness for Services transactions (eBuStrans)* und *eBusiness for Services collaborations (eBuScolab)* zusammen und spezifiziert eine dienstleistungsspezifische Bibliothek an Datentypen, die von allen XML-Schemata referenziert werden. *eBuStrans*, *eBuSxchange* und *eBuScolab* definieren auch eigene Datentypen, die nicht in *eBuSlib* definiert werden. *eBuScat* definiert ein dienstleistungsspezifisches Katalogaustauschformat, *eBuSxchange* dienstleis-

tungsspezifische Schnittstellen. *eBuStrans* bildet dienstleistungsspezifische Geschäftsdokumententypen ab und *eBuScollab* Service-orientierte Schnittstellen auf der Basis von WSDL sowie XML-Schema-basierte Nachrichtentypen²²⁷. *eBuStrans*, *eBuScat*, *eBuSxchange* und *eBuScollab* unterstützen die Anwendungs- und Datenintegration. Die Schemadokumente sind modular aufgebaut, um ein hohes Maß an Wiederverwendbarkeit und einfache Erweiterbarkeit zu ermöglichen. In der Abbildung 149 ist die gegenseitige Beziehung der Schemadokumente dargestellt.

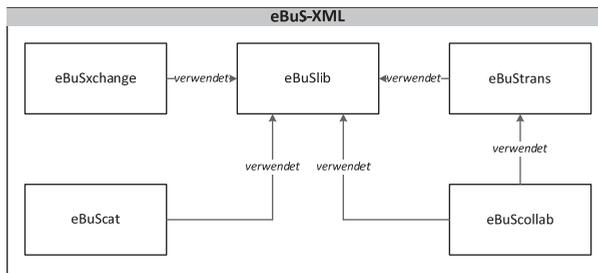


Abbildung 149: Beziehung der XML-Schemata

In der Abbildung 150 sind ausschnittsweise fachliche Standards und Spezifikationen (E-Business-Standards) sowie existierende Normen und PAS aufgezeigt, die einen *inhaltlichen* Einfluss auf die Spezifikation von *eBuS-XML* haben. Die fachlichen Standards GAEB DA XML, openTRANS, BMEcat und eCI@ss wurden bereits in Kapitel 4 vorgestellt. Die Transaktionsstandards GAEB DA XML und openTRANS werden bei der Entwicklung des Transaktionsdatenformats (*eBuStrans*) berücksichtigt. BMEcat dient als Vorlage für das Katalogdatenaustauschformat (*eBuScat*). eCI@ss bildet die Grundlage der Harmonisierungslösung, die in die Integrationslösung einfließt. Die Katalogdatenschnittstelle *Open Catalogue Interface (OCI)* (siehe auch Abschnitt 9.1.2) dient als Basis des Containerformat *eBuSxchange*. Die Norm DIN 32705 *Klassifikationssysteme* [DIN87b] beschreibt die Erstellung und Weiterentwicklung von Klassifikationssystemen. Die Norm DIN 13269 „*Instandhaltung-Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen*“ [DIN06] bietet eine Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen und dient auch dazu, die Festlegung der geforderten Leistung von Instandhaltungsaktivitäten zu erleichtern. Die Norm DIN 13306 „*Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung*“ [DIN10a] definiert die Begriffe der Instandhaltung. Die Grundbegriffe der Instandhaltung, Instandhaltungsmanagement, -ziele, -strategien und -plan werden festgelegt. Die Norm beschreibt Eigenschaften von Einheiten der Instandhaltung, Ausfälle und Ereignisse als Auslöser von Instandhaltungsstrategien sowie Instandhaltungsarten, Instandhaltungstätigkeiten und Instandhaltungsaufgaben. Die Spezifikation PAS 1018 „*Grundstruktur für die Beschreibung von Dienstleistungen in der Ausschreibungsphase*“ [DIN02a] stellt eine Grundstruktur für die Ausschreibung von Dienstleistungen dar und wird für Transaktionen eingesetzt. Sie enthält Beschreibungselemente, um Dienstleistungen im Rahmen von Beschaffungsprozessen zu spezifizieren. Die einzelnen Prozessschritte der Beschaffung von Dienstleistungen werden definiert. Die Spezifikation PAS 1019 „*Strukturmodell und Kriterien für die Auswahl und*

²²⁷ Die ausführliche Spezifikation von *eBuS-XML* kann über das Portal des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts bezogen werden [eBus13].

Bewertung investiver Dienstleistungen“ [DIN02b] stellt sowohl eine für die im Beschaffungsprozess notwendige Bewertung von investiven (unternehmensbezogene) Dienstleistungen in Business-to-Business-Märkten als auch die geeignete Vorgehensweise inklusive der dafür nötigen Bewertungskriterien vor. Auf der Basis des allgemeinen Beschaffungsprozesses der PAS 1018 wird ein Strukturmodell für die Bewertungssystematik sowie Kriterien für die Auswahl und Bewertung von Dienstleistungen definiert. Die Spezifikation PAS 1047 „Referenzmodell für die Erbringung von industriellen Dienstleistungen – Störungsbehebung“ [DIN05] gestaltet die Integration des industriellen Dienstleistungsgeschäfts in Unternehmen der Investitionsgüterindustrie. Sie definiert eine Prozesslandkarte des industriellen Dienstleistungsgeschäfts und ist auf den Kernprozess der Störungsbehebung durch korrektive Instandhaltung fokussiert. Des Weiteren wurden die Spezifikationen PAS 1090 [DIN09a], PAS 1091 [DIN10c] und PAS 1094 [DIN09b] berücksichtigt.



Abbildung 150: Inhaltlicher Einfluss auf eBuS-XML

Im Folgenden werden ausgewählte Datentypendefinition der einzelnen XML-Schemata von *eBuS-XML* vorgestellt und detailliert beschrieben²²⁸. Es werden Schnittstellen für dienstleistungsspezifische Geschäftsdokumenttypen (*eBuStrans*), die Beschreibung von systemübergreifenden dienstleistungsspezifischen Schnittstellen (*eBuSxchange*) sowie von dienstleistungsspezifischen Katalogelementen (*eBuScat*) und die Schnittstellendefinitionen für Web Services in einer Service-orientierten Architektur (SOA) (*eBuScollab*) für die Anwendungs- und Datenintegration in der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung entwickelt.

²²⁸ Für die graphische Darstellung von XML-Schemata wird die XML-Toolsuite *XMLSpy 2011* der Firma Altova [All1] mit ihrem grafischen Schema-Editor verwendet.

9.1.4.1 eBusiness for Services library (eBuSlib)

eBuSlib definiert eine gemeinsame, übergreifende Service-Bibliothek für dienstleistungsspezifische Datentypen, die von allen weiteren XML-Schemata referenziert werden. Eine modulare Erweiterung von *eBuSlib* setzt andere XML-Schemata für andere fachliche Anwendungsbereiche der E-Business-Standards in Beziehung. Ein Ausschnitt der Grundstruktur von *eBuSlib* ist in Abbildung 151 abgebildet. Nachfolgend werden einige elementare Datentypen vorgestellt.

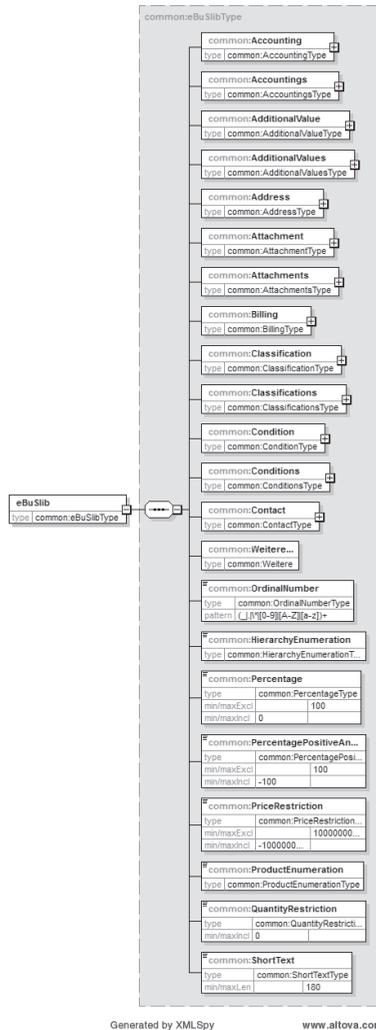


Abbildung 151: Ausschnitt der Grundstruktur von *eBuSlib*

Ein zentrales Schlüsselement bildet das Element `item`. Es definiert eine Service- oder Sachgüterposition. Ein `item` wird durch den komplexen Elementtyp `itemType` spezifiziert. Das komplexe Element `item` ist aus mehreren `item`-Elementen modular aufgebaut. Ein Element `item` kann hierarchisch konzipiert sein oder linear verkettet werden. Dabei bestimmt das Element `typeOfProduct` die Ausprägung eines Items als Service oder Sachgut

und ermöglicht die Unterscheidung zwischen materiellen und immateriellen Bestandteilen. Bei der Beschreibung von Leistungsverzeichnissen muss es möglich sein, sowohl den einzelnen Hierarchiestufen von Dienstleistungen Überschriften zuzuweisen als auch einzelnen Teilleistungen eine Teilleistungsbeschreibung bzw. eine Ausführungsbeschreibung anzugeben. Um dies zu gewährleisten, wird der Elementtyp `HierarchyType` definiert. So werden verschiedene Positionstypen angegeben: `Service` (Dienstleistungsbeschaffungstyp), `Material` (Sachleistungsbeschaffungstyp), `Outline` (Überschriftsdefinition), `SubDescription` (Teilleistungsbeschreibung) und `ExecutionDescription` (Ausführungsbeschreibung). Das nachfolgende Beispiel in Listing 7 zeigt die Deklaration einer `Item`-Position vom Typ `Service`:

```
<Item>
  <ItemID>1</ItemID>
  ...
  <TypeofProduct>Service</TypeofProduct>
  <Description>Wartung einer Feuerschutztüre</Description>
  <HierarchyType>NormalItem</HierarchyType>
  ...
</Item>
```

Listing 7: Deklaration eines *Items* als *Service*

Die Bildung von hierarchischen Dienstleistungsstrukturen erfolgt über die Elemente `ItemID` und `ParentID`. Durch die Verwendung dieser Elemente lässt sich eine hierarchische Struktur abbilden. Soll eine Position eine Unterposition zu einer Position sein, enthält sie im Element `ParentID` die Identifikationsnummer der übergeordneten Position und kann dieser eindeutig zugeordnet werden. Bei Positionen, die sich auf oberster Hierarchieebene befinden, d. h., die keine Unterposition darstellen, bleibt das Element `ParentID` entsprechend leer. In der Abbildung 152 wird eine mögliche hierarchische Dienstleistungsstruktur dargestellt.

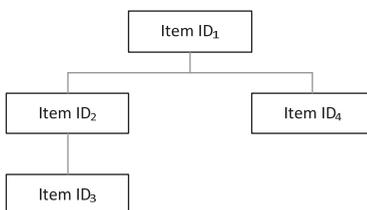


Abbildung 152: Hierarchische Dienstleistungsstruktur [HW11]

Diese hierarchische Struktur wird unter Verwendung der Elemente `Item`, `ItemID` und `ParentID` wie folgt definiert (siehe Listing 8):

```
<Items>
  <Item>
    <ItemID>1</ItemID>
    <ParentID></ParentID>
    <Description>Item 1</Description>
    ...
  </Item>
  <Item>
    <ItemID>2</ItemID>
    <ParentID>1</ParentID>
    <Description>Item 2</Description>
```

```

...
</Item>
<Item>
  <ItemID>3</ItemID>
  <ParentID>2</ParentID>
  <Description>Item 3</Description>
  ...
</Item>
<Item>
  <ItemID>4</ItemID>
  <ParentID>1</ParentID>
  <Description>Item 4</Description>
  ...
</Item>
</Items>

```

Listing 8: Spezifikation einer hierarchischen Struktur [HW11]

Durch die Hierarchisierung unterschiedlicher `Item`-Typen als Dienstleistung oder Sachleistung lassen sich komplexe, hybride Leistungsbündel und damit industrielle Dienstleistungen abbilden. Wird bspw. der Dienstleistung aus dem obigen Beispiel als Material eine *Rauchdichtung* zugeordnet, geschieht dies über eine neue Position des Elements `TypeofProduct` vom Typ `Material`, die im Element `ParentID` die zugehörige `ItemID` der Dienstleistungsposition führt (siehe Listing 9).

```

<Item>
  <ItemID>2</ItemID>
  <ParentID>1</ParentID>
  ...
  <TypeofProduct>Material</TypeofProduct>
  <Description>Rauchdichtung</Description>
  ...
</Item>

```

Listing 9: Spezifikation einer hybriden Dienstleistung mit *eBus-XML*

Analog zu Materialien können Teilleistungsbeschreibungen oder Ausführungsbeschreibungen mit Positionen verknüpft oder Positionen unterhalb von Überschriften angefügt werden. Der strukturelle Aufbau des Elements `Item` wird durch den komplexen Elementtyp `ItemType` definiert und ist in der Abbildung 153 aufgezeigt.



Abbildung 153: Definition des Elements `Item` durch den Elementtyp `ItemType`

Weitere wichtige Subelemente von `item` bilden die Elemente `classification` und `Features`. Wesentliche, jedoch bspw. von den Unternehmen im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts als auch in einer Spend-Agenda-Studie [CE05] immer wieder bemängelte Faktoren im Kontext der Beschaffung von Dienstleistungen sind die unzureichende Transparenz und Vergleichbarkeit von Leistungen. Im Rahmen der Beschreibung von Dienstleistungen ist es möglich, eine Klassifikation sowie Beschreibungsmerkmale nach einem Klassifikationsstandard, zum Beispiel eCI@ss, anzugeben. Die Harmonisierungslösung der Erweiterung der Klassifikationsstruktur von eCI@ss 7.0 (7.1) wird in die Integrationslösung übernommen, indem standardisierte Beschreibungen industrieller Dienstleistungen definiert werden. Das Element `classification` wird durch den komplexen Elementtyp `ClassificationType` spezifiziert (siehe Abbildung 154).

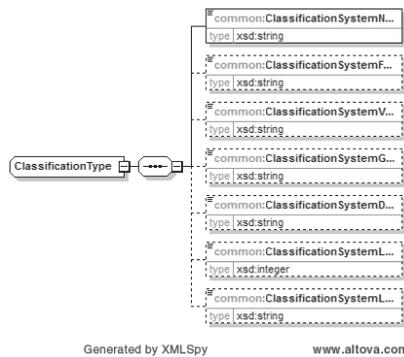


Abbildung 154: Komplexer Elementtyp `ClassificationType`

Mit Hilfe des Elements `classificationSystemName` bzw. `classificationSystemFullname` wird ein Kurzname bzw. eine ausführliche Bezeichnung eines Klassifikationssystems definiert. Das Element `classificationSystemVersion` gibt die Version des verwendeten Klassifikationssystems an. `classificationSystemGroupID` definiert den Klassifikationsschlüssel der zugehörigen Klasse. Die Elemente `classificationSystemLevels` und `classificationSystemLevelNames` geben die Anzahl der Hierarchieebenen des Klassifikationssystems bzw. die jeweiligen Namen der Hierarchieebenen an. Die Angabe von Merkmalen erfolgt über das Element `Features`, das durch den komplexen Elementtyp `FeatureType` definiert wird. Merkmale werden im Element `Features` zusammengefasst. Das Element `FeatureName` bezeichnet ein Merkmal, dem ein Merkmalswert über das Element `FeatureValue` zugewiesen wird. Die Elemente `FeatureDescription`, `FeatureUnit` und `FeatureOrder` beschreiben die Merkmale, definieren eine Merkmalseinheit und bestimmen die Einordnung eines Merkmals in eine Merkmalsgruppe. Über die Elemente `referenceFeatureSystem`, `referenceFeatureSystemFullname` und `referenceFeatureGroupID` werden Klassifikationsmerkmale auf der Basis eines Klassifikationsstandards bspw. eCI@ss angegeben (siehe Abbildung 155). Das komplexe Element `generalSpecifications` definiert allgemeine Angaben, die einem Leistungsverzeichnis zugrunde liegen wie bspw. Projektname, Auftragsnummer oder auch Zahlungsbedingungen. `generalSpecifications` vom Elementtyp `generalSpecInfoType` bestimmt weitere Elemente: `completionOrDeliveryDate` legt das Enddatum einer Lieferung eines Sachgutes bzw. den Endzeitpunkt der Ausführung einer Dienstleistung fest in Abhängigkeit des Typs `item`.

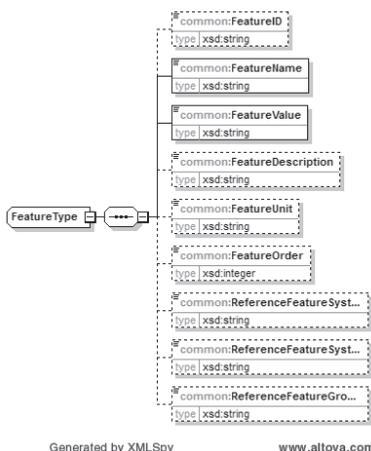


Abbildung 155: Komplexer Elementtyp FeatureType

Das komplexe Element **ContractReference** referenziert einen zugrunde liegenden Rahmenvertrag durch die Elemente **ContractID** (eindeutige ID), **ContractDate** (Rahmenvertragsdatum) und **ContractParagraph** (spezifischer Abschnitt im Rahmenvertrag). Einen flexiblen Formalismus zur Abbildung individueller, hierarchischer Strukturen für Dienstleistungs- und Sachgutpositionen definiert das Element **NumberingScheme**. Der Formalismus bestimmt einen regulären Ausdruck als Pattern und ordnet jedem **item** auf einer Hierarchieebene eine Ordnungszahl zu.

Die Elemente **RequesterSubmissionNo** bzw. **SupplierSubmissionNo** bestimmen eine Submissions-Nummer, die im Rahmen einer Ausschreibung für den Dienstleistungsnachfrager bzw. Dienstleistungsanbieter vergeben wird. **RequesterDataProcessingNo** bzw. **SupplierDataProcessingNo** setzen eine interne Datenaustausch-Nummer für das System fest. Zahlungsbedingungen definiert das komplexe Element **PaymentTerms** und es ermöglicht die Angabe verschiedener Zahlungszeiträume und Rabatte. Das komplexe Element **IncoTerms** legt *International Commercial Terms (Incoterms)*²²⁹ als freiwillige Regeln zur Auslegung handelsüblicher Vertragsformeln im internationalen Handel fest. In Abbildung 156 ist das Element **GeneralSpecifications** vom Typ **GeneralSpecInfoType** aufgeführt. **GeneralConditions** definiert Mengen- und Preisbedingungen für Sachgüter und Dienstleistungen, die in Leistungsverzeichnissen definiert werden.

²²⁹ **International Commercial Terms (Incoterms)** werden als Regelwerk von der privatwirtschaftlich organisierten Internationalen Handelskammer (ICC) herausgegeben.



Abbildung 156: Elemente des Elementtyps `GeneralSpecInfoType`

9.1.4.2 eBusiness for Services catalogues (eBuScat)

Das XML-Schemata *eBuScat* stellt Beschreibungen von Datentypen für ein elektronisches Katalogaustauschformat bereit. Die Grundstruktur von *eBuScat* orientiert sich am Format von BMEcat [SLK04] und wird in Abbildung 157 vorgestellt. Der Kopfteil `Header` definiert Katalogmetadaten (Informationen zur Identifikation des Katalogs und zum Kataloganbieter (`Broker`)) sowie Informationen über den Dienstleistungsanbieter (`Supplier`) und den Dienstleistungsnachfrager (`Requester`). Das Element `Agreement` definiert vertragliche Vereinbarungen. Der Rumpfteil wird durch das Element `CreateCatalog` beschrieben und legt Dienstleistungen durch das Element `services` fest, das durch den komplexen Elementtyp `ItemType` bestimmt wird (siehe Abschnitt 9.1.4.1). `ItemType` bildet eine Klassifikationsstruktur über das Element `classification` ab (siehe Abschnitt 9.1.4.1). Der komplexe Elementtyp `catalogueType` definiert Metadaten des Katalogs und beschreibt die Elemente

catalogueID (Katalognummer), **catalogueVersion** (Version des Katalogs), **catalogueName** (Name des Katalogs), **currency** (verwendete Währung), **generationDate** (Erstellungsdatum des Katalogs), **expirationDate** (Gültigkeitsdatum des Katalogs) und **supplierIDRef** (Referenznummer des Lieferanten).

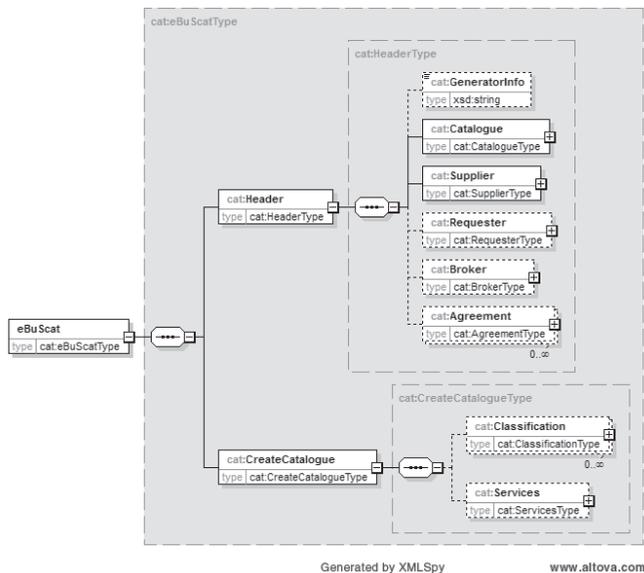


Abbildung 157: Grundstruktur von *eBuScat*

Das komplexe Element **Agreement** verweist auf eine Rahmenvertragsvereinbarung und legt die Elemente **AgreementID** (Referenznummer der Rahmenvertragsvereinbarung), **AgreementStartDate** (Startdatum der Vereinbarung), **AgreementEndDate** (Gültigkeitsdatum der Vereinbarung) und das komplexe Element **conditions** (zugrunde liegende Konditionen) fest.

Der komplexe Elementtyp **RequesterType** definiert die Stammdaten des Dienstleistungsnachfragers und besteht aus den Elementen **RequesterID** (Referenznummer des Kunden), **RequesterName** (Name des Kunden) und die Adressdaten des Kunden durch das komplexe Element **RequesterAddress** (siehe Abbildung 158). Die Elemente **Supplier** (Dienstleistungsanbieter) und **Broker** (Kataloganbieter) sind analog aufgebaut.

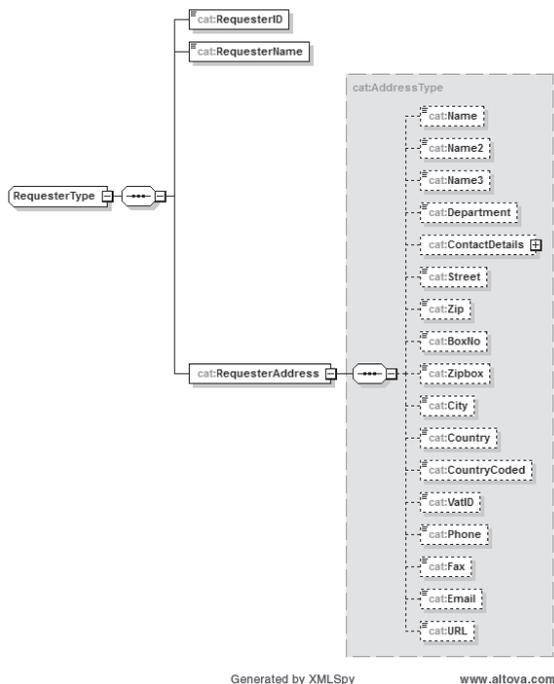


Abbildung 158: Komplexer Elementtyp RequesterType

9.1.4.3 eBusiness for Services transactions (eBuStrans)

Für die domänenspezifische Entwicklung des Transaktionsformats *eBuStrans* wurden existierende Transaktionsstandards²³⁰ analysiert. Die PAS 1018 [DIN02a] identifiziert Kriterien, mit denen sich die zu beschaffenden Dienstleistungen beschreiben lassen. Insgesamt wurden 16 Kriterien wie Leistungspositionen, Klassifikation, Erbringungsort, Objekt oder Angebotspreis des Dienstleistungsnehmers erkannt, die im Rahmen der Dokumententypspezifikation zu integrieren waren. Die existierenden Transaktionsstandards sind auf die Beschaffung von Sachgütern fokussiert und stellen keine spezifischen Elemente zur Beschreibung von dienstleistungsspezifischen Datentypen bereit. Bisher unterstützt kein existierender Transaktionsstandard alle als Anforderung definierten Geschäftsdokumententypen. Abbildung 159 gibt einen Überblick über *eBuStrans* und die enthaltenen Geschäftsdokumententypen. *eBuStrans* spezifiziert Schnittstellen für dienstleistungsspezifische Geschäftsdokumententypen für die Beschaffung industrieller Dienstleistungen.

²³⁰ Die Transaktionsstandards *UBL* [OASIS06c], *myOpenFactory* [DIN07], *openTRANS* [Fr12], *GS1-XML* [GS1c] sowie *GAEB DA XML* [GAEB09] wurden analysiert.

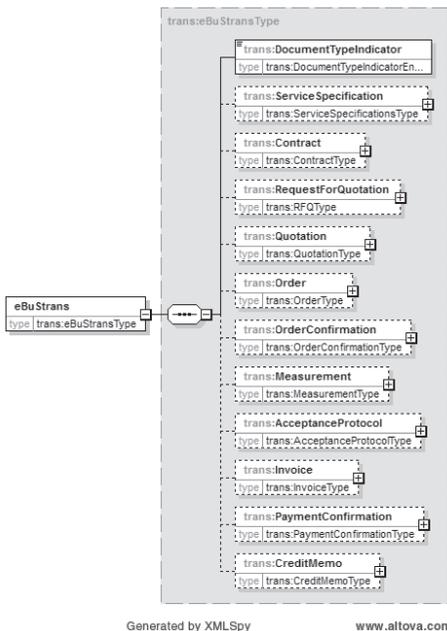


Abbildung 159: Geschäftsdokumenttypen von *eBuStrans*

In Tabelle 21 werden die von den existierenden Transaktionsstandards unterstützten Dokumenttypen mit den für die Dienstleistungsbeschaffung notwendigen spezifizierten Dokumenttypen verglichen. Das XML-Schemadokument *eBuStrans* definiert elf Geschäftsdokumenttypen, die mit dem entwickelten Referenzprozessmodell korrespondieren. Die Geschäftsdokumenttypen sind jeweils in zwei Teile untergliedert: Der Kopfteil **Header** enthält grundlegende Informationen wie bspw. Identifikationsnummern, Referenzen oder Kontaktdaten. Der Hauptteil **Body** spezifiziert die eigentlichen Nutzdaten, wie z. B. komplette Leistungsverzeichnisse, Aufmaßbeschreibungen oder Rechnungen.

Tabelle 21: Vergleich von Geschäftsdokumenttypen existierender Transaktionsstandards mit *eBuStrans*

Geschäftsdokumenttypen	Transaktionsstandards					
	UBL	openTRANS	GSI-XML ²³¹	myOpenFactory	GAEB DA XML	eBuStrans
Legende:						
● : erfüllt						
◐ : bedingt erfüllt						
○ : nicht erfüllt						
⊙ : nicht relevant						
<i>Leistungsverzeichnis</i>	●	○	○	○	●	●
<i>Anfrage</i>	●	●	○	●	●	●
<i>Angebot</i>	●	●	○	●	●	●
<i>Rahmenvertrag</i>	○	○	○	○	○	●
<i>Auftrag</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Auftragsbestätigung</i>	○	●	●	●	○	●
<i>Aufmaßdokument</i>	○	○	○	○	○	●

²³¹ GSI XML ist ein Standard, der Prozesse entlang der gesamten Supply Chain unterstützt. Geschäftsnachrichten wie Bestellung, Lieferschein oder Rechnung können in GSI XML ausgetauscht werden. GSI XML ist konform mit den Standards der internationalen Organisation UN/CEFACT [GSIc].

Geschäftsdokumenttypen	Transaktionsstandards					
Abnahmeprotokoll	○	○	○	○	○	●
Gutschrift	●	○	○	○	●	●
Zahlungsbestätigung	○	○	○	○	○	●
Rechnung	●	●	○	●	○	●

Als Beispiel wird der Geschäftsdokumenttyp *Abnahmeprotokoll* vorgestellt (siehe Abbildung 160). Das Element `AcceptanceProtocol` beschreibt diesen Geschäftsdokumenttyp und wird durch den komplexen Elementtyp `AcceptanceProtocolType` bestimmt. Auf oberster Ebene definiert das Element `Header` die Elemente `Requester`, `RequesterAccounts`, `Supplier`, `SupplierAccounts`, `GeneralSpecifications`, `GeneralConditions`, `AdditionalValues`, `AcceptanceProtocolID`, `AcceptanceProtocolDate`, `OrderID` und `MeasurementID`.

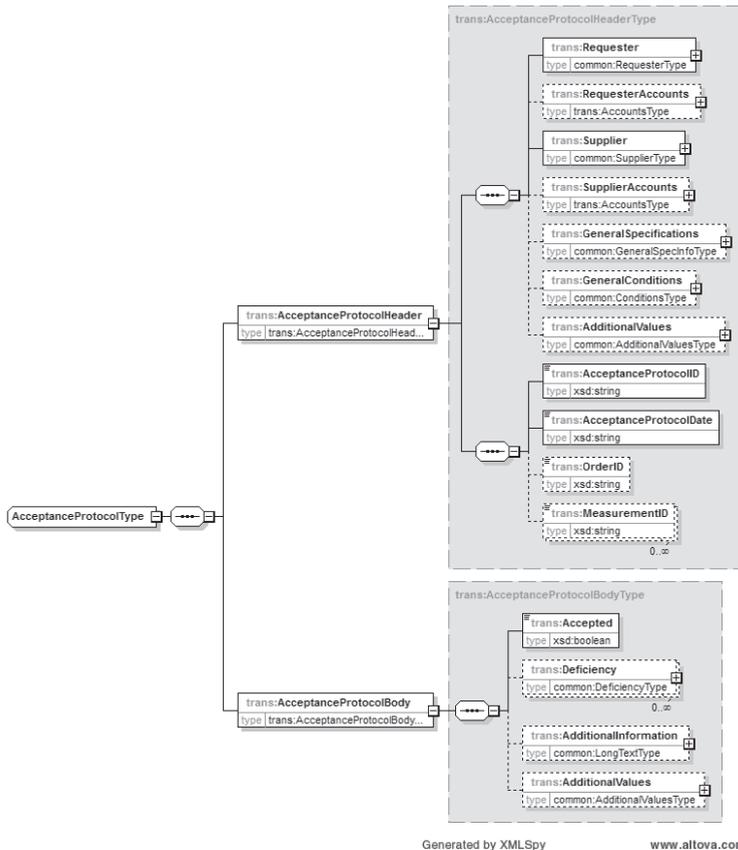


Abbildung 160: Geschäftsdokumenttyp *Abnahmeprotokoll*

Die Elemente `Requester` und `Supplier` spezifizieren den Dienstleistungsnachfrager und den Dienstleistungsanbieter, die komplexen Elemente `RequesterAccounts` bzw. `SupplierAccounts` die Zahlungsverkehrsangaben für Rechnungen und Gutschriften wie bspw. Kontodaten. `GeneralSpecifications` definiert allgemeine Angaben, die dem Leistungsverzeichnis zugrunde liegen, wie bspw. Projektname, Auftragsnummer oder auch Zahlungsbedingungen (siehe Abschnitt 9.1.4.1), `GeneralConditions` die Mengen- und Preisbedingungen

für Dienstleistungen und Sachleistungen, die im Leistungsverzeichnis angegeben werden. Das Element **AdditionalValues** dient der benutzerspezifischen Definition von Elementen. Die Elemente **AcceptanceProtocolID** und **AcceptanceProtocolDate** legen eine eindeutige ID des Protokolls und das Datum fest, an dem die erbrachten Dienstleistungen bestätigt werden. Die Elemente **OrderID** und **MeasurementID** dienen als Fremdschlüssel und referenzieren den zugehörigen Auftrag bzw. das zugehörige Aufmaßdokument. Das Element **Body** definiert auf oberster Ebene die Elemente **Accepted**, **Deficiency**, **AdditionalInformation** und **AdditionalValues**. Das Element **Accepted** gibt den Akzeptanzstatus von erbrachten Dienstleistungen an. Ist eine erfolgreiche Abnahme der erbrachten Dienstleistungen gesichert, wird das Element **Accepted** über den Deklarationstyp **boolean** auf **true** gesetzt. Mit dem Element **Deficiency** werden **Items** (Dienstleistungen oder Sachleistungen) über ihre jeweilige **ItemID** referenziert und bekommen über das Element **TypeOfDeficiency** den jeweiligen Status **added**, **changed** oder **deleted** zugewiesen. Zusätzlich wird über das Element **Description** eine Beschreibung einer Abweichung bzw. Veränderung abgebildet. **AdditionalInformation** dient zur Definition von weiteren Textbausteinen. Einige der beschriebenen Elemente enthalten weitere Unterelemente, die an dieser Stelle nicht weiter beschrieben werden.

9.1.4.4 *eBusiness for Services exchange (eBuSxchange)*

Das Containerformat²³² *eBuSxchange* umfasst eine Teilmenge der dienstleistungsspezifischen Datentypen von *eBuSlib*. Spezifische Elemente, die nur in *eBuStrans* und *eBuScolab* referenziert werden, sind ausgeschlossen. *eBuSxchange* unterstützt als Austauschformat den dienstleistungsspezifischen Datenaustausch zwischen betrieblichen Informationssystemen und definiert Schnittstellen, um Serviceprozessen elektronisch zur Verfügung zu stehen. Die wichtigsten Elemente des XML-Schemas werden erläutert. Jedes der beschriebenen Elemente enthält weitere Unterelemente, die nicht näher dargelegt werden. Die Grundstruktur von *eBuSxchange* ist in Abbildung 161 aufgeführt. *eBuSxchange* definiert auf der obersten Ebene die Elemente **Stipulation**, **Requester**, **Supplier**, **GeneralSpecifications**, **GeneralConditions**, **Items**, **AdditionalAgreement** und **AdditionalValue**. Das Element **stipulation** regelt vertragliche Elemente und die Beschreibung eines Vorspanntextes, die mit Hilfe von mehrstufigen Textbausteinen (Paragraphen und Sektionen) bestimmt werden. Die Elemente **Paragraph** und **Section** vom Elementtyp **LongTextType** beschreiben Textbausteine. Den Dienstleistungsnachfrager bzw. den Dienstleistungsanbieter spezifizieren die Elemente **Requester** und **Supplier**. Ein Dienstleistungsanbieter wird durch die Elemente **SupplierID**, **DUNS**, **SupplierName** und **SupplierAddress** definiert (siehe Abschnitt 9.1.4.2). Das Element **DUNS** gibt eine *Data Universal Numbering System (D-U-N-S)*-Nummer für eine eindeutige Identifizierung eines Unternehmens an. Das komplexe Element **AdditionalAgreement** legt zusätzliche vertragliche Vereinbarungen fest, die für einzelne oder alle Dienstleistungs- und Sachleistungspositionen gelten. Das komplexe Element **AdditionalValues** dient der benutzerspezifischen Definition von Elementen.

²³² Ein *Wrapper*- bzw. *Containerformat* definiert ein Metadateiformat, eine Spezifikation, wie verschiedenen Datenelemente und Metadaten in einem Dateiformat beschrieben werden. Die Art und Struktur des Inhalts werden beschrieben.

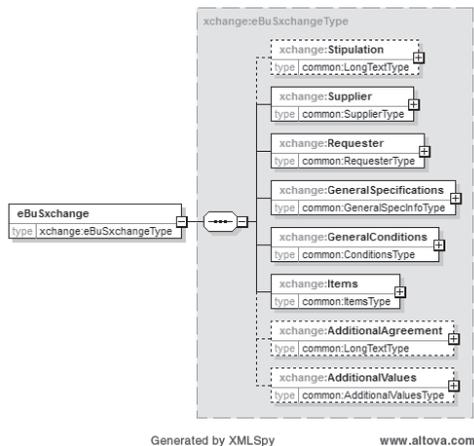


Abbildung 161: Grundstruktur von *eBuSxchange*

9.1.4.5 *eBusiness for Services collaboration (eBuScollab)*

Web Services als Realisierungsform Service-orientierter Architekturen werden in der Literatur derzeit intensiv diskutiert mit einem Schwerpunkt auf Informationsintegration in E-Business-Szenarien (vgl. [SW08, TK01]). Die Zielsetzung der Entwicklung von *eBuScollab* ist der Entwurf einer Service-orientierten Architektur (SOA) für eine harmonisierte, durchgängige Unterstützung der industriellen Dienstleistungsbeschaffung²³³. Die Prozesslogik bildet Geschäftsprozesse und die dafür notwendige Funktionalität über Web Services ab. *eBuScollab* spezifiziert Web Service-Schnittstellendokumente und zugehörige definierte Nachrichtentypen, die das fachkonzeptionelle Referenzprozessmodell vollständig unterstützen und den dienstleistungsspezifischen Datenaustausch in den Geschäftsprozessen über Web Services abbilden. Der Entwurf von Web Services auf einer betriebswirtschaftlichen Ebene (vgl. [SW08]) und danach der technische Entwurf der Web Services (vgl. [BKM08, K106]) sollen dabei einer festgelegten Entwurfsmethodik folgen. Monolithische, hochintegrierte ERP-Systeme [Ka09] zeichnen sich durch einen Mangel an Flexibilität und einem erweiterten Integrationsbedarf aus. ERP-Systeme sind nur in einem begrenzten Umfang konfigurierbar [RSD05]. Das Customizing von ERP-Systemen ist aufwändig und fehleranfällig, da eine Vielzahl von Stellgrößen existiert, die untereinander komplexe Interdependenzen aufweisen. Zudem ist eine individuelle Anpassung der Systeme mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden. Wertschöpfungsstrukturen erfordern zusätzliche Flexibilitätsanforderungen für eine geeignete organisatorische und informationstechnologische Infrastruktur, um eine flexible Kommunikation mit Informationssystemen für die Koordination von internen und unternehmensübergreifenden Datenflüssen zu unterstützen [KU05]. Insbesondere sind vor- und nachgelagerte Unternehmen in dienstleistungsbasier-

²³³ Die Serviceorientierung führt die Prinzipien der Objekt- und Komponentenorientierung fort. Charakteristisch für das Paradigma der Serviceorientierung ist vor allem die Standardisierung der Implementierung und Institutionalisierung von Services durch Verwendung anerkannter, offener Nachrichtenformate und Kommunikationsprotokolle (z. B. SOAP, WSDL, BPEL, XML, HTTP) [Br06]. Diese Standardisierung ermöglicht eine effiziente Verteilung sowie Integration von Services zu wandlungsfähigen Informationssystemen.

ten Wertschöpfungsketten, wie bspw. in der Dienstleistungsbeschaffung, schlecht integriert. Nach Klose [KI06] ergibt sich ein Integrationsbedarf durch die Integration anderer Softwarelösungen (Best-of-breed-Produkte [KL04]), die Anbindung von Altanwendungen, Integrationsbedarf durch das Internet als Geschäftsplattform sowie durch überbetriebliche Kollaborationen. Die überbetrieblichen Kollaborationen fordern die Notwendigkeit der Kopplung von Anwendungssystemen der beteiligten Partner und den elektronischen Datenaustausch zwischen Geschäftspartnern (*Electronic Data Interchange*) ein. Eine SOA adressiert sämtliche Ausprägungsformen der Enterprise Application Integration (EAI) und die durch sie erzielbaren Nutzeneffekte und Reorganisationspotenziale [SMS+09]. Die Beteiligung von Unternehmen an unternehmensübergreifenden Kollaborationen wird durch SOA vereinfacht und beschleunigt den Aufbau von EDI-Lösungen. Die Entwicklung von SOA-Ansätzen als informationstechnische Unterstützung des Geschäftsprozessmanagements [Er04] fördert die flexible, unternehmensübergreifende Integration von Geschäftsprozessen im Service E-Procurement. Daher bietet SOA einen vielversprechenden Lösungsansatz für die aufgezeigten Integrationsdefizite in der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung²³⁴. Sie ermöglicht eine reibungslose Zusammenarbeit von gekoppelten Diensten [Be09b]. Die Anwendung und Automatisierung von überbetrieblichen Geschäftsprozessen zwischen betrieblichen Informationssystemen wird durch eine lose Kopplung von Web Services unterstützt, um eine hohe Flexibilität zu erreichen. Damit lassen sich IT-gestützte Geschäftsprozesse schnell und mit minimalem Aufwand auf geänderte Geschäftsanforderungen anpassen [FZ09]. Serviceprozesse von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern in heterogenen Informationssystemen werden durch Web Services als Bindeglied verknüpft.

Die Spezifikation von *eBuscollab* besteht aus Schnittstellendefinitionen²³⁵ auf der Basis der Web Service Description Language (WSDL) [W3C07b] mit Nachrichtenaustauschformaten, die als XML-Schema definiert sind. Die Schnittstellen nutzen Nachrichtenformate auf der Basis von *eBuStrans*, die zwischen den betrieblichen Informationssystemen des Dienstleistungsanbieters und des Dienstleistungsnachfragers ausgetauscht werden. Für die Entwicklung von Web Service-Schnittstellen und Nachrichtentypen werden die in der Literatur vorherrschenden Design-Prinzipien *Schnittstellen*, *Interoperabilität*, *Autonomie* und *Modularität* und *Bedarfsorientierung* als Anforderungen berücksichtigt [HLÖ06, SHV+06]:

- *Schnittstellenorientierung*: Die Web Services sollen über eine explizite und umfassende Beschreibung ihrer Schnittstellen verfügen. Web Service-Schnittstellen stellen innerhalb einer SOA stabile und verbindliche Kontrakte dar, die zentral verwaltete werden.
- *Interoperabilität*: Interoperabilität bildet ein zentrales Design-Prinzip einer SOA, die durch technische (Protokolle, Datenformate) und fachliche (einheitliche Be-

²³⁴ Service-orientierte Architekturen werden das Erscheinungsbild aktueller ERP-Systeme nach Einschätzungen von Analysten und Wissenschaftlern sowie nach Angaben führender ERP-Anbieter in den nächsten Jahren grundlegend ändern [HN05b]. SOA verfolgt die Vision, Anwendungssysteme flexibel aus eigenständigen Teilsystemen (Services) unterschiedlicher Hersteller auf der Basis verbreiteter Standards zu kombinieren [HN05b, Le03b].

²³⁵ Die Schnittstellen wurden mit der *Web Service Description Language (WSDL) 1.1* [W3C01a] entwickelt.

griffssysteme und einheitliche Datenmodelle) standardisierte Formate und Protokolle erreicht werden soll.

- *Autonomie und Modularität*: Funktionalitäten oder Ressourcen mit großer Abhängigkeit (Kohäsion) sollen zusammengefasst werden, um eine möglichst geringe Abhängigkeit (lose Kopplung) aufzuweisen und das Prinzip der Modul- oder Komponentenbildung zu unterstützen.
- *Bedarfsorientierung*: Der Leistungsumfang von Web Services soll sich an den geschäftlichen Objekten von Geschäftsprozessen ausrichten. Viele Daten sind innerhalb eines Web Service-Aufrufs auszutauschen und grobgranulare, fachlich klar abgegrenzte und sinnvolle Leistungen anzubieten.

eBuScollab stellt die in Tabelle 22 aufgeführten WSDL-Schnittstellendokumente und korrespondierende Nachrichtentypen zur Verfügung. Die Schnittstellendefinition des Web Services `service specification` definiert alle Operationen für die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses (LV) in der Serviceprozessphase Spezifikation. Es werden z. B. eine Liste mit Leistungsverzeichnissen (`ListSpecifications`) oder nur ein bestimmtes Leistungsverzeichnis (`GetSpecifications`) mittels einer ID identifiziert und angefordert. Die Schnittstellendefinition des Web Services `Request For Quotation (RFQ)` umfasst die Serviceprozessphasen Anfrage und Angebot.

Tabelle 22: *eBuScollab* mit WSDL-Schnittstellendokumenten, Nachrichtentypen und korrespondierenden Serviceprozessphasen

<i>Serviceprozessphase</i>	<i>WSDL-Schnittstellendokument</i>	<i>Nachrichtentyp</i>
<i>Spezifikation</i>	ServiceSpecification	service specification request for change change response negotiation protocol
<i>Anfrage</i>	Request for Quotation (RFQ) Information	request for quotation quotation request for change change response negotiation protocol
<i>Angebot</i>	Request for Quotation (RFQ) Information	quotation request for change change response negotiation protocol
<i>Auftrag</i>	PurchaseOrder Information	purchase order order confirmation
<i>Ausführung</i>	--	--
<i>Aufmaß</i>	PurchaseOrder Information	measurement document
<i>Abnahme</i>	PurchaseOrder Information	acceptance protocol request for change change response negotiation protocol
<i>Abrechnung</i>	Invoice Information	invoice payment confirmation credit memo

Funktionen wie die Anforderung einer Liste mit vorhandenen Anfragen (`ListRFQs`), die Sendung eines Angebots vom Auftragnehmer an den Auftraggeber (`SubmitQuotation`) oder Erfragung von Details bzgl. eines bestimmten Änderungswunsches (`GetChangeRequest`) werden unterstützt. Für die Prozessschritte in der Auftrags-, Aufmaß- und Abnahmephase

steht die Schnittstelle **PurchaseOrder** zur Verfügung. Dazu gehört bspw. die Erfragung eines durch eine Referenznummer identifizierten Auftragsdokuments (**GetOrder**) oder die Zusendung eines Aufmaßes an den Auftraggeber (**SubmitMeasurement**). Der Web Service **Invoice** spezifiziert die Rechnungsabwicklung von erbrachten Dienstleistungen. Dabei werden u. a. Funktionen wie das Senden einer Rechnung an den Auftraggeber (**SubmitInvoice**) oder die Abfrage der Zahlungsbestätigungen (**ListConfirmation**) angeboten. Die Schnittstelle **Information** ist unabhängig von einer bestimmten Serviceprozessphase und spezifiziert häufig wiederkehrende Operationen, die flexibel genutzt werden. Informationen über den Auftraggeber werden bspw. erfragt (**GetRequester**) oder Änderungen der Kontaktdaten mitgeteilt (**UpdateSupplierAddress**). Die einzelnen Operationen der Web Services sind in Abbildung 162 aufgezeigt.



Abbildung 162: Übersicht der Operationen der Web Services

Die Web Service-Schnittstellendefinitionen unterstützen die Vorlage für eine konkrete Implementierung von Web Services. Als Entwurfsmethode wird die *Contract-First-Methode* vorgeschlagen, bei der zunächst WSDL-Schnittstellen und dafür notwendige Datentypen definiert werden, um programmiersprachenspezifischen Quellcode für Web Services im Nachhinein zu generieren²³⁶. Der Nachrichtenaustausch erfolgt durch die in der Spezifikation von WSDL 1.1 [W3C01a] unterstützten Nachrichtenaustauschmuster *One-*

²³⁶ Der Ansatz einer automatisierten Generierung von Webservices wird auch als *Contract-First* [FTW10] oder *Top-Down* [KBS07]) bezeichnet. Eine weitere Entwurfsmethode stellt der *Code-First-Ansatz* dar, bei der Webservices implementiert werden und die WSDL-Schnittstellendefinitionen und Schnittstellenanbindungen danach generiert werden [ZTP03].

Way und *Request-Response*²³⁷. Die Nachrichtentypen bilden den Verhandlungsmechanismus zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager in den Serviceprozessphasen Anfrage und Abnahme über Leistungsverzeichnis-, Angebots- und Abnahmeverhandlungen ab. Um die während des Nachrichtenaustausches (der Ausführung von Operationen) auftretenden Ausnahmen durch eine Ausnahmebehandlung abzufangen, werden zwei flexible Ausnahmetypen `FaultType` und `FaultDetailType` definiert. Eine Ausnahmesituation stellt bspw. ein technisches Problem dar, wie z. B.: Ein Service-Endpoint ist nicht erreichbar. Diese Ausnahmetypen werden im Zuge einer Implementierung durch exakte Ausnahmebehandlungsmechanismen konkretisiert. Die Ausnahmetypen werden für jede Operation bestimmt. Sie sind in Abbildung 163 dargestellt.

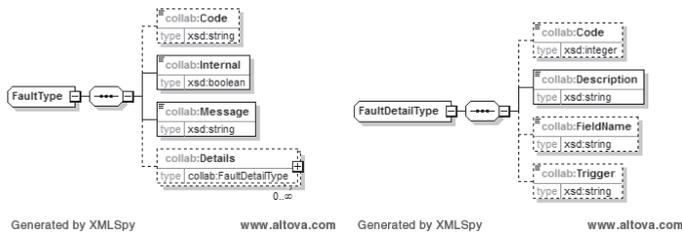


Abbildung 163: Definition der Ausnahmetypen `FaultType` und `FaultDetailType`

9.2 Technologische Anwendungen

In prototypischen, technologischen Anwendungen wurden die E-Business-Lösungen untersucht und ausgewertet. Hierzu wurden Szenarien aus der betrieblichen Praxis gewählt und prototypisch technologisch umgesetzt. Anforderungen der betrieblichen Praxis, die Funktionalität und Anwendbarkeit der entwickelten E-Business-Lösungen wurden evaluiert²³⁸. Die jeweilige Beschreibung der technologischen Anwendung untergliedert sich in *Ausgangssituation*, *Entwurf*, *Implementierung* und *Auswertung*. Im Abschnitt *Ausgangssituation* werden die jeweiligen Probleme kurz vorgestellt und die technologische Anwendung beschrieben. Die Ziele, die Integrationslösungen einzusetzen und die jeweilige Umsetzung zur Verbesserung der betrieblichen Praxis durchzuführen, werden im Abschnitt *Entwurf und Implementierung* beschrieben. Es werden die zugrunde liegenden Serviceprozesse²³⁹ modelliert, die Verwendung der Integrationslösung beschrieben und die entwickelte prototypische Implementierung vorgestellt. Die Ergebnisse nach Umsetzung des Entwurfs werden jeweils im Abschnitt *Bewertung* vorgestellt.

²³⁷ Erst ab der *WSDL-Version 2.0* [W3C07c] werden die Nachrichtenaustauschmuster *Solicit-Response* und *Notification* unterstützt.

²³⁸ Die Evaluierung der technischen Anwendungen wurde mit der Unterstützung von Projektpartnern (Industrieunternehmen und mittelständische Unternehmen) im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts durchgeführt.

²³⁹ Die Serviceprozesse werden als einfache Service-Netze in vereinfachter Weise ohne Stellentypisierungen ST_i , Filterschemata FS_i und Transitionsinschriften TI_i modelliert.

9.2.1 XML-basierter, elektronischer Datenaustausch

Die technologische Anwendung betrachtet einen XML-basierten, elektronischen Geschäftsdokumentaustausch in der Beschaffung von Dienstleistungen zwischen einem Dienstleistungsanbieter und einem Dienstleistungsnachfrager in den Serviceprozessphasen Auftrag und Aufmaß. Die vorhandenen Geschäftsprozesse und die verwendeten proprietären Datenaustauschformate eines Industrieunternehmens (Dienstleistungsnachfrager) und eines KMUs (Dienstleistungsanbieter) wurden analysiert, die Geschäftsprozesse durch das fachkonzeptionelle Referenzprozessmodell angepasst und neue Geschäftsdokumententypen auf der Basis von *eBuStrans* angewandt.

9.2.1.1 Ausgangssituation

Im betrachteten Szenario pflegt der Dienstleistungsanbieter ein eigenes Informationssystem, indem er seine unternehmensbezogenen Daten (z. B.: Auftragsdaten und Aufmaßdaten) erfasst. Für die elektronische Abwicklung der Beschaffung von Dienstleistungen setzt der Dienstleistungsnachfrager ein **Supplier Self Services (SUS)** Portal²⁴⁰ ein. Diese Portal-Lösung stellt ein *Buy-Side-Modell*²⁴¹ dar. Ein Lieferant meldet sich mittels eines Web-Browsers im SUS-Portal an und greift auf die entsprechenden Funktionen (z. B. Abruf der gegenwärtigen Aufträge) zu. Der Dienstleistungsanbieter tätigt dabei doppelte manuelle Eingaben, um die erforderlichen Daten in beide Systeme zu integrieren. Diese doppelte Pflege verursacht zusätzliche Kosten für den Dienstleistungsanbieter. Zwischen dem Dienstleistungsnachfrager und -anbieter besteht ein Rahmenvertrag, da eine längerfristige Beziehung eingegangen wurde und wiederholte Verhandlungen vermieden werden sollen. Der Dienstleistungsanbieter muss seine Geschäftsprozesse gemäß der SUS-Portal-Lösung des Dienstleistungsnachfragers anpassen. Damit ist oft ein hoher Aufwand des Dienstleistungsanbieters verbunden, der proportional mit der Anzahl von Dienstleistungsnachfragern steigt, mit denen er kollaboriert.

9.2.1.2 Lösungsentwurf und Implementierung

Das Ziel des Lösungsentwurfs ist ein elektronischer Daten- und Dokumentenaustausch. Eine elementare Anforderung ist die Verwendung eines herstellerunabhängigen Standards. Des Weiteren soll der Lösungsansatz auf der Grundlage eines technologieunabhängigen Formats realisiert werden. Eine ebenso wichtige Anforderung ist die Vermeidung von redundanten manuellen Eingaben. Die Auftrags- und Aufmaßdaten sollen nur einmal manuell eingegeben und anschließend auf eine einfache Weise in das entsprechende System der

²⁴⁰ Gemäß Bächle und Lehmann [BL10] richten Großkunden solche Beschaffungsportale für ihre Stammlieferanten ein. Das grundlegende Ziel ist die Gruppierung der Angebote der Lieferanten (Dienstleistungsanbieter). Nach Appelfeller und Buchholz [AB11] wird der Lieferant teilweise integriert. Er hat durch Nutzung des SUS-Portals Zugriff auf Daten des Kundensystems, wobei er auch Daten einpflegen kann.

²⁴¹ E-Procurement-Lösungen für den elektronischen Einkauf lassen sich in die drei Grundmodelle *Sell-Side-Modell*, *Buy-Side-Modell* und *Market-Place-Modell* differenzieren [Ko09a]. Im *Buy-Side-Modell* wird die Einkaufssoftware vom einkaufenden Unternehmen betrieben. Dieses bekommt Kataloge oder Leistungsverzeichnisse von den Lieferanten vorab und stellt sie den Bedarfsträgern über das Einkaufssystem zur Verfügung. Es handelt sich um eine käuferseitige Softwareanwendung, die eine E-Procurement-Lösung repräsentiert.

Gegenseite übertragen werden. Der vorgeschlagene Entwurf sieht die Implementierung eines elektronischen Dokumentenaustauschs mit der Integrationslösung *eBuStrans* vor. Dazu werden die Output-Schnittstellen des Dienstleistungsnachfragers sowie die Input-Schnittstellen des Dienstleistungsanbieters mit *eBuStrans* beschrieben. Die vorhandenen proprietären XML-Schemata der Schnittstellen werden aufeinander abgestimmt, indem Datentypen mit identischer Semantik, aber unterschiedlicher Syntax (eine unterschiedliche Darstellung des gleichen Sachverhalts) verknüpft werden (siehe Abbildung 164). Lieferanten, die keine eigenen professionell integrierten Beschaffungssysteme verwenden, sollen direkt an elektronischen Serviceprozessen in der Beschaffung von Dienstleistungen partizipieren (*einfache Anbindungsvoraussetzung*).



Abbildung 164: Abstimmung der vorhandenen Schnittstellen mit *eBuStrans*-Schnittstellen

Der Serviceprozess *Auftrag* beschreibt die Erstellung eines Auftrags im SUS-Portal durch den Dienstleistungsnachfrager. Die Auftragsdaten werden erstellt und über eine Schnittstelle in das System des Dienstleistungsanbieters exportiert. Der Dienstleistungsanbieter übernimmt die Auftragsdaten in sein Informationssystem (siehe Abbildung 165).

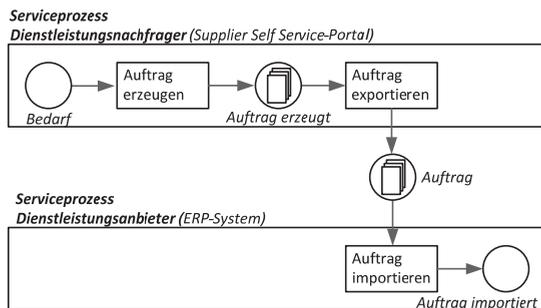


Abbildung 165: Serviceprozess Auftrag

Der Serviceprozess *Aufmaß* beschreibt die Erstellung eines Aufmaßes durch den Dienstleistungsnachfrager. Nach der Ausführung der Dienstleistungen soll der Dienstleistungsanbieter seine Aufmaßdaten im SUS-Portal einpflegen können. Die Aufmaßdaten werden anschließend durch den Dienstleistungsnachfrager geprüft. Bei erfolgreicher Prüfung ist die Aufmaßphase abgeschlossen und die Aufmaßdaten werden in das ERP-System des Dienstleistungsanbieters importiert. Im Fall einer Beanstandung korrigiert der Dienstleistungsnachfrager die Aufmaßdaten solange, bis der Dienstleistungsanbieter die Daten positiv prüft und in sein System importiert (siehe Abbildung 166).

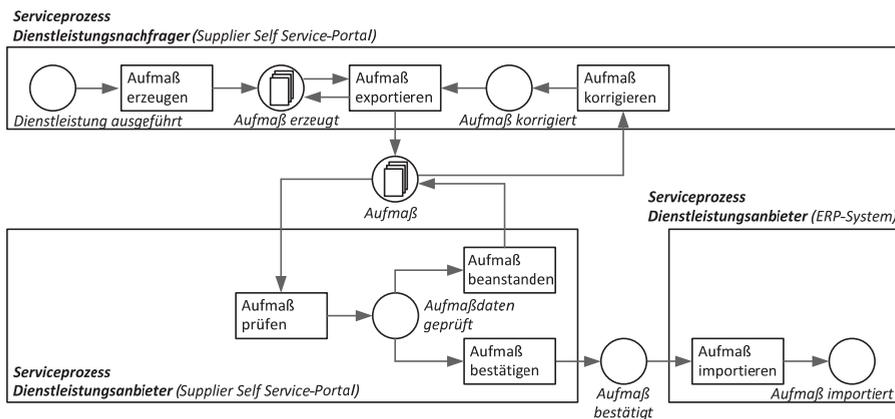


Abbildung 166: Serviceprozess Aufmaß

9.2.1.3 Bewertung

Alle relevanten Daten in den betrachteten Geschäftsprozessen zwischen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter können mit Hilfe von *eBuStrans* dargestellt und ausgetauscht werden. Redundante manuelle Doppeleingaben werden durch die Abbildung und Verknüpfung aller Daten vermieden, sodass für den Dienstleistungsanbieter Kostenvorteile generiert werden. Insgesamt ergeben sich aus dem vorgestellten Entwurf Vorteile für den Dienstleistungsanbieter und für den Dienstleistungsnachfrager. *eBuStrans* bietet durch die Möglichkeit der Angabe einer Preis- bzw. Kostenobergrenze mehr Spielraum für unerwartete oder zusätzlich erbrachte Dienstleistungen. Dadurch wird die Interaktion zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager reduziert.

Preis- und Kostenobergrenzen sind durch den komplexen Elementtyp `LimitPositionType` definiert, der aus den weiteren Elementen `LimitPositionPrice`, `LimitPositionCurrency` und `LimitPositionLines` besteht. Mit dem Element `LimitPositionPrice` wird eine Preisobergrenze festgelegt. Mit dem Element `LimitPositionCurrency` wird eine Preisobergrenze gewährt. `LimitPositionLines` bestimmt eine maximale Anzahl an Kindelementen eines `Items`. Dadurch können nicht beauftragte Positionen definiert werden. Das Element `LimitPosition` des komplexen Elementtyps `LimitPositionType` in Abbildung 167 wird einerseits auf der `Item`-Ebene und andererseits auf der obersten Positionsebene verwendet.

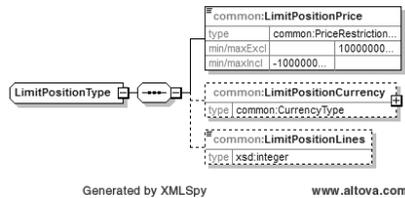


Abbildung 167: Komplexer Elementtyp `LimitPositionType`

Nicht allgemein vordefinierte Elemente wie IDs, die sich in den Auftrags- und Aufmaßdokumenten definieren lassen, werden über das Element `AdditionalValue` abgebildet. Ein Bezug zwischen der internen Vorgangsnummer des Dienstleistungsnachfragers und der des Dienstleistungsanbieters im System wird durch die Angabe der `orderID` und der korrespondierenden `RequesterOrderNumber` bestimmt. Im komplementären Fall werden die `orderID` und die `SupplierOrderNumber` angegeben.

9.2.2 Einsatz von Service-orientierten Architekturen (SOA) für KMU

In der technologischen Anwendung wird der Einsatz von Service-orientierten Architekturen SOA für Kleinunternehmen²⁴² nachfolgend evaluiert. Der Datenaustausch in den Serviceprozessphasen Anfrage und Angebot wird betrachtet. Die technologische Anwendung soll für kleine Unternehmen bzw. Dienstleistungsanbieter ohne teure Systemlösungen (z. B. ERP-Systeme) die Möglichkeit bieten, elektronische Daten im Rahmen der Dienstleistungsbeschaffung in einer einfachen Weise mit dem Dienstleistungsnachfrager auszutauschen. Softwarelösungen für kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) weisen eher eine geringere Funktionalität auf als ERP-Systeme für größere Unternehmen. Die Funktionen der angebotenen Standardsoftware konzentrieren sich auf eine kleine Anzahl von Unternehmensbereichen.

Unter der allgemeinen Annahme, dass innerhalb von Unternehmen und unabhängig von ihrer Größe Geschäftsprozesse ablaufen, die sich über alle Bereiche erstrecken [Me07], wird in Informationssystemen der Dienstleistungsbeschaffung deutlich, dass eine Lücke zwischen benötigter und offerierter Funktionalität und Integration besteht. KMU können sich keine integrierte Lösung leisten, die alle Organisationsbereiche ihres Unternehmens in notwendiger Tiefe abbilden [BGR06]. Brehm et al. [BHG+08] sprechen von einem *ERP-*

²⁴² Laut der Kommission der Europäischen Union werden Unternehmen mit weniger als zehn Mitarbeitern und einem Umsatzerlös von weniger als 2 Mio. € als Kleinunternehmen klassifiziert [EU10].

KMU-Dilemma bzgl. der Anforderungen an SOA für KMU. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass sich zum einen die Anforderungen von KMU an Funktionalität von ERP-Systemen den Anforderungen von Großunternehmen sehr ähneln und zum anderen KMU finanziell meist nicht in der Lage sind, sich integrierte, modular aufgebaute ERP-Systeme zu leisten, die alle betrieblichen Funktionen in einem Produkt abdecken²⁴³. Die von KMU betriebenen Softwaresysteme stammen mehrheitlich von unterschiedlichen Herstellern. Durch die mangelnde Integration dieser Softwareprodukte, wie mehrheitlich von den Umfrageteilnehmern benannt wurde, entstehen Brüche in bereichsübergreifenden Geschäftsprozessen, die derzeit durch die manuelle Überführung von Daten und die redundante Pflege von Daten überbrückt werden müssen. Das Konzept der Service-orientierten Architekturen (SOA) bietet Möglichkeiten, um einigen der genannten Schwachstellen entgegenzuwirken [BGR06].

9.2.2.1 Ausgangssituation

Im betrachteten Szenario soll der Dienstleistungsanbieter Anfrage- und Angebotsdaten an den Dienstleistungsnachfrager übermitteln. Der Dienstleistungsanbieter verfügt über kein Informationssystem mit Schnittstellen zu externen Informationssystemen von Dienstleistungsnachfragern. So führt der Dienstleistungsnachfrager doppelte manuelle Eingaben durch, um die Daten im Informationssystem zu erfassen, was zusätzliche Kosten verursacht. Der Daten- und Dokumentenaustausch zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager soll durch ein unabhängiges Format realisiert werden. Eine flexible Architekturlösung zwischen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter kommt zum Einsatz, damit Dienstleistungsanbieter schnell auf Veränderungen reagieren können. Einfache Anbindungsvoraussetzungen werden unterstützt, um Dienstleistungsanbieter am elektronischen Beschaffungsprozess vereinfacht teilhaben zu lassen. Kleinunternehmen in der Rolle als Dienstleistungsanbieter sind in der Lage, am elektronischen Datenaustausch zu partizipieren.

9.2.2.2 Lösungsentwurf und Implementierung

Für die Umsetzung wurden die angebotenen Web Services einer IT-Referenzlösung²⁴⁴ in einen entwickelten *SOA-Client* eingebunden (siehe Abbildung 168). Der SOA-Client ist ein Java-basierter Client, der auf der Basis von Web Services einen elektronischen Dokumenten- bzw. Datenaustausch zwischen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter unterstützt. Vorhandene Web Services eines Dienstleistungsnachfragers werden eingebunden und die Schnittstellen von Angebots- und Auftragsdaten mit *eBuSxchange* abgebildet. Der Client unterstützt insbesondere kleine mittelständische Unternehmen, die über keine eigene IT-Infrastruktur verfügen.

²⁴³ Diese Thesen wurden im Rahmen der Durchführung einer Studie durch Befragung von 658 Unternehmen mit einer Mitarbeiterzahl < 250 bestätigt [BGR06].

²⁴⁴ Im Rahmen des Forschungsprojekt wurden zwei prototypische Implementierungen von IT-Anwendungslösungen vorgenommen: eine katalogbasierte E-Procurement-Lösung (*ePROCURE Suite* der Firma POET [POET12]) und eine webbasierte Supplier Self Service-Lösung *DLA-Online* der BASF AG [BASF12].

DLA-Online
Aktuelle Abfrage: Anfragen
Filterkriterien verbergen | Abfrage auswählen | Varianten

Suche starten | Selektion löschen

Warengruppe: [] [] [] [] [] []
Anfrage: [] [] [] [] [] []
Laufende Anfragen: [] [] [] [] [] []
Angebotsfrist: [] [] [] [] [] []
Submission: [] [] [] [] [] []
Maximale Anzahl der Treffer: 1000

Anfrage anzeigen | Angebot anzeigen | Angebot pflegen | Nach Excel exportieren | Filter an

EinlBeleg	BlOr	EKG	AngeL an	AngeL von	Lieferant	Name 1	ZBed	Submission	AngeFrist	Text	Status
5000000226	1000	001	10.08.2011	TEST	1006	supplierName		DEMO_10_08	01.12.2011		Angebot angelegt

Abbildung 168: Lieferantenansicht *Anfrage* der IT-Referenzlösung

Die IT-Referenzlösung stellt spezifische Web Services mit Operationen für die elektronische Dienstleistungsbeschaffung zur Verfügung, die der SOA-Client auf der Dienstleistungsanbieterseite einbinden kann. In Abbildung 169 werden die Serviceprozesse der Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Angebot* dargestellt. Das Service-Netz *Anfrageaktualisierung* implementiert die Funktionalität der Aktualisierung von Anfragedokumenten durch die Operation des Web Services *GetRFQList*. Der Web Service prüft und überträgt Anfragedokumente, falls aktualisierte Anfragedokumente vorliegen. Das Service-Netz *Angebotsaktualisierung* implementiert die Funktionalität der Aktualisierung von Angebotsdokumenten durch die Operation des Web Services *SubmitQuote*. Der Web Service prüft und überträgt Angebotsdokumente, falls aktualisierte Angebotsdokumente vorliegen.

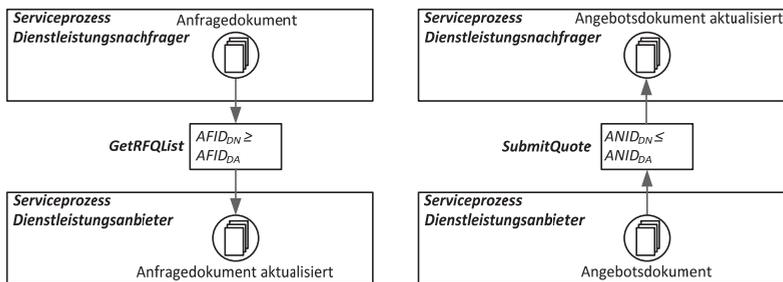


Abbildung 169: Service-Netz *Anfrageaktualisierung* und Service-Netz *Angebotsaktualisierung*

Der SOA-Client realisiert einen elektronischen Dokumentenaustausch und die Lieferantenanbindung an das Kundensystem für die Dienstleistungsanbieterseite. Der Java-Client wurde mit *NetBeans IDE*²⁴⁵ entwickelt. Die Implementierung des *eBuSxchange*-Formats erfolgte durch das *Java Architecture for XML Binding (JAXP)* Framework. JAXP bietet für Java-Anwendungen eine Programmierschnittstelle, um mit XML arbeiten zu können. Der SOA-Client basiert auf dem Entwurfsmuster *Model-View-Controller (MVC)*²⁴⁶. Die Kom-

²⁴⁵ *NetBeans Integrated Development Environment (IDE)* ist eine Entwicklungsumgebung und wird von Oracle entwickelt [Or11a].

²⁴⁶ Der *Model-View-Controller (MVC)* unterteilt eine Anwendung in die drei Komponenten *Model* (Datenmodell), *View* (Benutzeroberfläche) und *Controller* (Ablaufsteuerung). Die Verantwortlichkeiten werden auf einzelne Einheiten verteilt (*separation of concerns*) [Ba98].

ponenten sind lose gekoppelt und ermöglichen eine Wiederverwendbarkeit. Verschiedene Darstellungen (Views) werden realisiert. Die Abbildung 170 zeigt ein UML-Paketdiagramm des SOA-Clients. Die wichtigsten Pakete und Klassen werden erläutert.

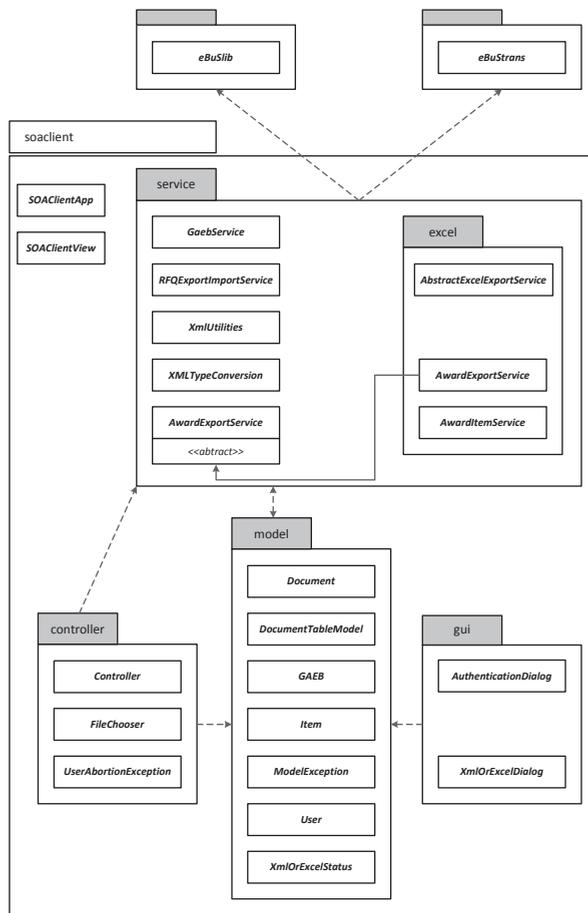


Abbildung 170: UML-Paketdiagramm der Architektur des SOA-Clients

Das Paket `soaclient` der Java-Anwendung besteht aus den Klassen `soaclientApp` (startet die Anwendung) und `soaclientView` (Kernkomponente der Benutzeroberfläche). Das Paket `soaclient.controller` enthält die Klasse `Controller` für die Aufgaben der Ablaufsteuerung. Das Paket `soaclient.gui` stellt die Klasse für die Benutzerinteraktion bereit. Das Paket `soaclient.service` enthält die Klassen `RFQExportImportServices` für die Verarbeitung von Anfragen für den Ex- und Import von Dokumenten. Die Klasse `xmlUtilities` stellt das *Marshalling* und *Unmarshalling* bereit²⁴⁷. Web Service-Aufrufe realisiert die Klasse `GaebsService`. Die Operationen des Pakets `soaclient.service` werden von den Paketen `soaclient.model` und `soaclient.service.Excel` unterstützt. Die Pakete `soacli-`

²⁴⁷ *JABX* unterstützt das *Marshalling* und *Unmarshalling*. Beim *Marshalling* werden Java-Objektzustände in XML-Dokumente überführt. Dagegen übernimmt das *Unmarshalling* die umgekehrte Richtung, indem XML zu Java transformiert wird.

`ent.service.Excel` definiert Funktionen für das Erstellen und Verarbeiten von Microsoft Excel-Dateien, das Paket `soaclient.model` stellt die Klasse für notwendige Datentypen zur Verfügung.

Der SOA-Client unterstützt *eBuSxchange* sowie das Microsoft Excel *.csv-Format. Dienstleistungsanbieter können den SOA-Client für Standalone-Systeme installieren und für die interne Dienstleistungsbeschaffung Office-Anwendungen verwenden. Der SOA-Client überträgt das *.csv-Format in das Containerformat *eBuSxchange* und die Daten über Web Services in das DLA-Online-Portal (siehe Abbildung 171).

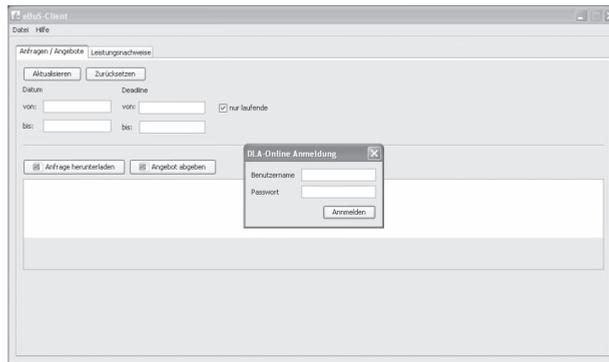


Abbildung 171: SOA-Client

Ein Kleinunternehmen hat die Möglichkeit, auf der Basis von Microsoft Excel Anfragen und Angebote zu bearbeiten und sie über das *eBuSxchange*-Format über Web Services zu DLA-Online zu exportieren.

9.2.2.3 Bewertung

Für dieses Szenario wurde eine flexible Architekturlösung realisiert, die eine einfache Anbindung des Dienstleistungsanbieters an ein Kundensystem erlaubt. Der bisherige Aufwand des Dienstleistungsanbieters wird hierdurch stark reduziert. Die flexible Architekturlösung ermöglicht Dienstleistungsanbietern, die keine eigenen Informationssysteme besitzen, am elektronischen Beschaffungsprozess von Dienstleistungen teilzunehmen. Der SOA-Client bietet einheitliche Schnittstellen durch die Verwendung der Integrationslösung *eBus-XML* bzw. *eBuSxchange* an. Der Dienstleistungsanbieter ist in der Lage, Angebots- und Auftragsdaten mit einer Office-Anwendung wie bspw. Microsoft Excel zu erstellen und durch die Verwendung von *eBus-XML*-basierten Schnittstellen einen XML-basierten Datenaustausch über Web Services durchzuführen. Eine Erweiterung des SOA-Clients um zusätzliche Schnittstellen für Web Services ist möglich, um den Dienstleistungsanbieter an weitere Informationssysteme von Dienstleistungsnachfragern anzubinden.

9.2.3 B2B-Integration mit Service-orientierten Architekturen (SOA)

Die technologische Anwendung einer B2B-Integration zwischen einem Dienstleistungsnachfrager und einem Dienstleistungsanbieter wird durch einen SOA-basierten Ansatzes

evaluiert. Der entwickelte SOA-orientierte Ansatz *eBuScollab* mit Nachrichtentypen und Schnittstellendefinition für Web Services wird eingesetzt, um den Dokumenten- bzw. Datenaustausch zwischen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter zu realisieren. Der Datenaustausch in der Serviceprozessphase *Auftrag* mit dem Geschäftsprozess *Abruf von Aufträgen* wird betrachtet. Bei dieser Anwendung werden die WSDL-Schnittstellendokumente und Nachrichtentypen mit *eBuScollab* umgesetzt. Die technologische Anwendung sieht vor, eine einheitliche B2B-Integration von Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter zu erreichen und eine flexible Anbindung von Dienstleistungsanbietern an Kundensysteme von Dienstleistungsnachfragern zu ermöglichen.

9.2.3.1 Ausgangssituation

Im betrachteten Szenario sollen heterogene Informationssysteme von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager durch lose Kopplung auf der Basis einer flexiblen Architekturlösung verknüpft werden. Service-orientierte Architekturen auf der Grundlage von Web Services realisieren Schnittstellen zwischen den Informationssystemen. Der Daten- und Dokumentenaustausch wird harmonisiert.

9.2.3.2 Lösungsentwurf und Implementierung

Eine SUS-Portallösung eines Dienstleistungsanbieters lässt sich um den Web Service *PurchaseOrder* durch die Schnittstellen-Spezifikation *eBuScollab* (*PurchaseOrder.wsdl*) erweitern. Die Operationen *ListUnconfirmedOrders* und *GetOrder* werden prototypisch implementiert. In der Abbildung 172 ist der Serviceprozess *Auftragsaktualisierung* dargestellt, das die Funktionalität der Aktualisierung von Auftragsdokumenten durch die Operation des Web Services *GetOrder* modelliert. Der Web Service prüft und überträgt Auftragsdokumente, falls aktualisierte Auftragsdokumente vorliegen.

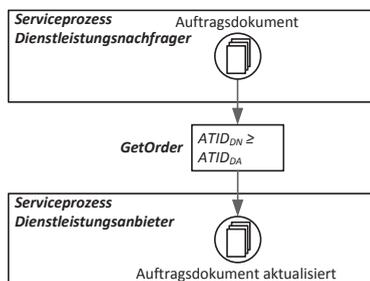


Abbildung 172: Service-Netz Auftragsaktualisierung

Für die Darstellung der Dienstleistungsanbieterseite wurde eine Java-Anwendung mit Benutzeroberfläche mit Hilfe der integrierten Entwicklungsumgebung Eclipse implementiert (siehe Abbildung 173). Die Version *Eclipse IDE for Java EE Developers* mit Editoren für XML-Schema und WSDL wurde verwendet. Die Kernkomponenten der Java-Anwendung bilden die Klassen *PurchaseOrderApp* (Ablaufsteuerung), *PurchaseOrderClient* (Web Service-Aufrufe) und *XmlUtilities* (Marshalling). Die Java-Anwendung simuliert ein Informationssystem des Dienstleistungsanbieters, der über einen Web Service unbestätigte Aufträge über das DLA-Online-Portal abrufen.

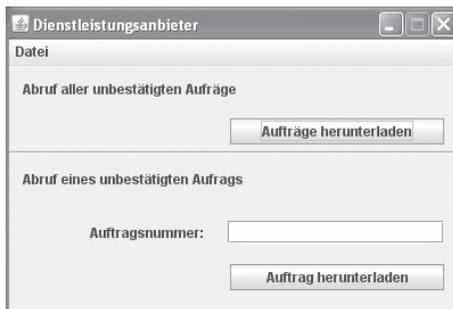


Abbildung 173: Java-Anwendung für den Dienstleistungsanbieter

9.2.3.3 Bewertung

Auf der Grundlage von Web Services wurde eine flexible Architekturlösung erstellt, die das Vorgehen des Dienstleistungsanbieters grundsätzlich vereinfacht. Eine flexible Integration der Informationssysteme von Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager, die die Möglichkeit einer harmonisierten B2B-Integration aufzeigt, wurde umgesetzt. Die prototypische Implementierung stellt eine einfache Dienstleistungsanbieter-Anwendung dar, die eine flexible Anwendungsintegration auf der Basis von Web Services realisiert.

9.3 Evaluierung der E-Business-Lösungen

Im Verlauf des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts *eBusInstand* wurden Serviceprozessmodelle der industriellen Dienstleistungsbeschaffung auf der Basis von Anwendungsfällen der betrieblichen Praxis erfasst und modelliert. Die Serviceprozessmodelle beschreiben bilaterale Serviceprozesse in der Auftragsabwicklung der Beschaffung von Dienstleistungen, die von der Anfrage eines Dienstleistungsnachfragers bis zu dessen Zahlungsbestätigung des Dienstleistungsanbieters führt. Die entwickelten E-Business-Lösungen (Harmonisierungs- und Integrationslösung in Abschnitt 9.1) wurden mit Hilfe eines Vergleichs ihres „alten“ (vor Einführung der E-Business-Lösungen) und ihres „neuen“ Zustands (nach Einführung und Einsatz der E-Business-Lösungen) durch die Analyse der Serviceprozessmodelle mit Kennzahlen²⁴⁸ durch die Projektpartner evaluiert. Serviceprozesse und Serviceobjekte ließen sich über die praktischen Anwendungsfälle systematisch analysieren²⁴⁹. Die E-Business-Lösungen wurden prototypisch in IT-Referenzlösungen implementiert. Für die quantitative Evaluierung der E-Business-Lösungen standen die von den jeweiligen Projektpartnern ermittelten Messwerte zur Verfügung. Um Einsparpotenziale zu bemessen, wurden Serviceprozessphasen und Dienstleistungsauftragstypen anhand der nachfolgenden Kennzahlen ausgewertet:

²⁴⁸ Kennzahlen sind numerische Größen, die Informationen über Sachverhalte und Zusammenhänge in quantitativer, konzentrierter Form wiedergeben. Eine Kennzahl verdichtet komplexe, wirtschaftliche Sachverhalte in einem einzelnen Wert. Eine Kennzahl dient als Maßstab, an dem eine geplante oder realisierte Zielerreichung gemessen wird [Ho01]. Kennzahlen sind als normative Messgrößen für Ziele der Geschäftsprozesse mit Zielvorgaben ein Steuerungsinstrument.

²⁴⁹ Im Rahmen des Forschungstransferprojekts wurden insgesamt 18 Anwendungsfälle betrachtet. Eine Übersicht der betrachteten Anwendungsfälle ist im Anhang A aufgezeigt.

- *Medienbrüche*
 - minimale, maximale, durchschnittliche Anzahl an Medienbrüchen pro Serviceprozessphase
 - minimale, maximale, durchschnittliche Anzahl an Medienbrüchen pro Dienstleistungsauftragstyp
- *Bearbeitungszeiten:*
 - minimale und maximale Bearbeitungszeiten, untere und obere Quantile und Median pro Serviceprozessphase
 - minimale, maximale und durchschnittliche Einsparung an Bearbeitungszeiten pro Serviceprozessphase
 - minimale, maximale, durchschnittliche Bearbeitungszeiten pro Dienstleistungsbeschaffungstyp
 - minimale, maximale und durchschnittliche Einsparung an Bearbeitungszeiten pro Dienstleistungsauftragstyp
- *Durchlaufzeiten:*
 - minimale und maximale Durchlaufzeiten, untere und obere Quantile und Median pro Serviceprozessphase
 - minimale, maximale und durchschnittliche Einsparung an Durchlaufzeiten pro Serviceprozessphase
 - minimale, maximale, durchschnittliche Durchlaufzeiten pro Dienstleistungsauftragstyp
 - minimale, maximale und durchschnittliche Einsparung an Durchlaufzeiten pro Dienstleistungsauftragstyp
- *Bearbeitungskosten:*
 - minimale, maximale, durchschnittliche Bearbeitungskosten pro Serviceprozessphase
 - minimale, maximale und durchschnittliche Einsparung an Bearbeitungskosten pro Serviceprozessphase
 - maximale und durchschnittliche Einsparung an Bearbeitungskosten pro Dienstleistungsauftragstyp

An einem Anwendungsfall beteiligen sich jeweils ein Dienstleistungsanbieter und ein Dienstleistungsnachfrager. Die Anwendungsfälle sind nach Dienstleistungsauftragstypen (*Kleinauftrag*, *Einzelmaßnahme*, *Projekt*) und Serviceprozessphasen (*Anfrage*, *Angebot*, *Auftrag*, *Ausführung*, *Aufmaß*, *Abnahme*, *Abrechnung*) klassifiziert. Aufgrund des zu geringen Stichprobenumfangs der Messwerte der Serviceprozesse des Dienstleistungsauftragstyps *Projekt* werden diese Ergebnisse nicht betrachtet. Der Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme* besteht aus den Dienstleistungsbeschaffungstypen DT_3 (drei Anwendungsfälle) und DT_4 (fünf Anwendungsfälle). Für die Dienstleistungsbeschaffungstypen DT_3 und DT_4 entfällt die Serviceprozessphase *Angebot*. Der Dienstleistungsauftragstyp *Kleinauftrag* besteht aus den Dienstleistungsbeschaffungstypen DT_1 (vier Anwendungsfälle) und DT_2 (vier Anwendungsfälle). In allen Anwendungsfällen liegen ein verhandelter Rahmenvertrag sowie ein Leistungsverzeichnis vor, sodass die Serviceprozessphase *Spezifikation* nicht betrachtet wurde. Die Serviceprozessphase *Ausführung* wird nicht in die Betrachtung einbezogen, da die Messwerte der evaluierten Anwendungsfälle stark streuen

und die Bearbeitungszeiten einzelner Aktivitäten für die Abwicklung der Beschaffung nicht eindeutig bestimmt werden konnte.

9.3.1 Medienbrüche

Ein weiteres Ziel für den Einsatz der E-Business-Lösungen ist die Vermeidung von Medienbrüchen durch die Integration von Serviceprozessen, um Transaktionskosten zu reduzieren. Medienbrüche treten bei einem Wechsel des informationstragenden Mediums innerhalb eines innerbetrieblichen oder überbetrieblichen Serviceprozesses auf. Sie unterbrechen Serviceprozesse, wenn empfangene Daten in eine andere Form weitergereicht werden müssen. Des Weiteren bilden sie einen Indikator für den Reifegrad der Harmonisierung und Integration von Serviceprozessen und Serviceobjekten: Durch einheitliche Leistungsstammdaten und Schnittstellen sowie integrierten unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen werden Schnittstellen harmonisiert und die Anzahl an Medienbrüchen damit reduziert.

9.3.1.1 Serviceprozessphasen

Vor der Einführung der E-Business-Lösungen beträgt die maximale Anzahl an Medienbrüchen des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* drei in der Serviceprozessphase *Anfrage*, drei in *Auftrag*, drei in *Aufmaß*, zwei in *Abnahme* und vier in der Serviceprozessphase *Abrechnung*. Nach ihrer Einführung werden die Medienbrüche auf maximal einen Medienbruch in der Serviceprozessphase *Anfrage*, einen in *Auftrag*, zwei in *Aufmaß*, einen in *Abnahme* und zwei in der Serviceprozessphase *Abrechnung* reduziert. In den Serviceprozessphasen *Anfrage* und *Auftrag* lassen sich die meisten Medienbrüche lösen. In der Abbildung 174 wird die minimale, durchschnittliche und maximale Anzahl an Medienbrüchen des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* jeweils vor (alt) und nach (neu) der Einführung der E-Business-Lösungen gegenübergestellt.

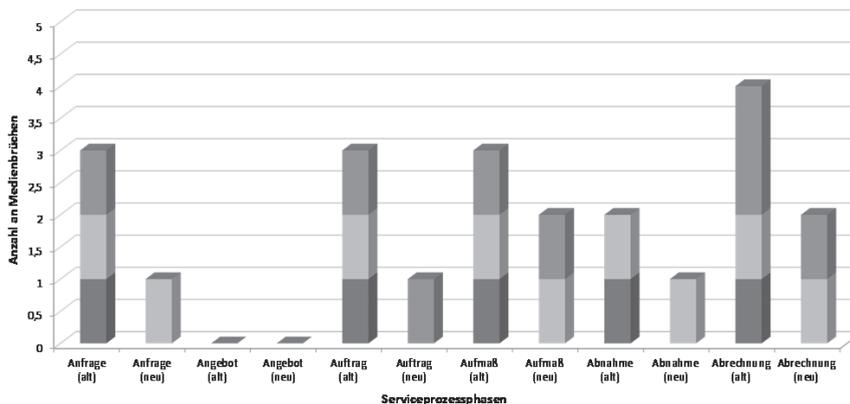


Abbildung 174: Minimale, durchschnittliche und maximale Anzahl der Medienbrüche in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme*

Vor der Einführung der E-Business-Lösungen beträgt die maximale Anzahl an Medienbrüchen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* zwei in der Serviceprozessphase *Anfrage*, fünf in *Angebot*, drei in *Auftrag*, zwei in *Aufmaß*, zwei in *Abnahme* und vier in der Serviceprozessphase *Abrechnung*. Nach ihrer Einführung werden die Medienbrüche auf maximal einen Medienbruch in der Serviceprozessphase *Anfrage*, drei in *Angebot*, einen in *Auftrag*, einen in *Aufmaß*, einen in *Abnahme* und drei in der Serviceprozessphase *Abrechnung* reduziert. In den Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Auftrag* und *Abrechnung* sind die meisten Medienbrüche aufgelöst.

In der Abbildung 175 wird die minimale, durchschnittliche und maximale Anzahl an Medienbrüchen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* jeweils vor (alt) und nach (neu) der Einführung der E-Business-Lösungen gegenübergestellt.

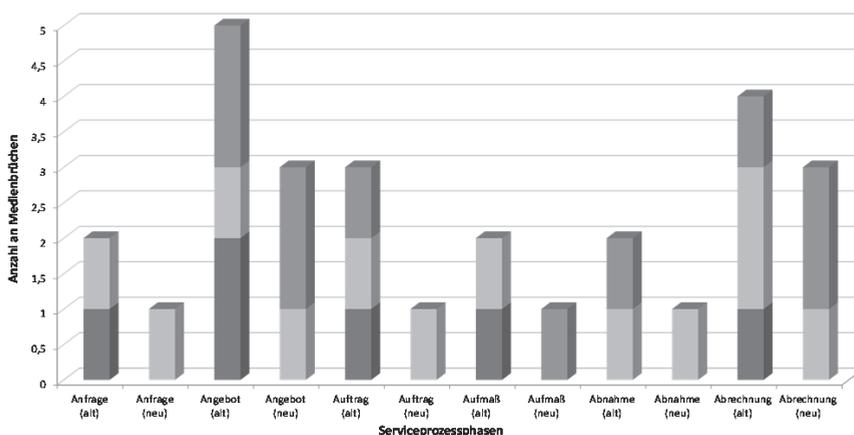


Abbildung 175: Minimale, durchschnittliche und maximale Anzahl Medienbrüche in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag*

9.3.1.2 Dienstleistungsauftragstypen

Die maximale Anzahl an Medienbrüchen beim Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme* beträgt 15 vor Einführung der E-Business-Lösungen und kann danach auf maximal sieben (Verbesserung um ca. 53 Prozent) reduziert werden. Im Durchschnitt sinkt die Anzahl der Medienbrüche von zehn auf vier (Verbesserung um ca. 60 Prozent). Beim Dienstleistungsauftragstyp *Kleinauftrag* beträgt die maximale Anzahl an Medienbrüchen 18 vor der Einführung der E-Business-Lösungen. Danach wird die maximale Anzahl an Medienbrüchen auf zehn Medienbrüche (Verbesserung um ca. 44 Prozent) reduziert. Durchschnittlich lässt sich die Anzahl an Medienbrüchen von 13 auf fünf (Verbesserung um 61,5 Prozent) reduzieren.

9.3.2 Bearbeitungszeiten

Die Bearbeitungszeiten einzelner Aktivitäten in Serviceprozessen bestimmen die Effizienz dieser Geschäftsprozesse. Durch E-Business und die mit ihr verbundene Automatisierung und Vereinfachung von Aktivitäten lassen sich die Bearbeitungszeiten reduzieren. Für die

Sichtung der Datenverteilung der einzelnen Messwerte werden aufgrund der starken Streuung der erhobenen Messwerte Diagramme des Typs Boxplot (*Box-Whisker-Plot*) verwendet, für die Bearbeitungszeiten der *Median*²⁵⁰ sowie *q-Quantile*²⁵¹ gewählt und bestimmt. Die Lage des Medians zeigt die *Schiefe*²⁵² der den Messwerten zugrunde liegenden Verteilung auf. Die q-Quantile definieren den *Interquartalsabstand*, der 50 Prozent der Messwerte betrachtet. Ausreißer der Messwerte sind durch die *Whisker* abgebildet, die auch die Minimum- und Maximumwerte kennzeichnen. Die Grundgesamtheit aller betrachteten Messwerte beträgt $n = 880$ ²⁵³. Die erhobenen Messwerte streuen stark, dennoch lassen sich die Verbesserung der Messwerte sicher aufzeigen. Die Quantile nähern sich dem Median, der die Grundgesamtheit deutlich abbildet. Der Median lässt Ausreißer der erfassten Messwerte weniger stark einfließen als der Mittelwert. Der Boxplot zeigt die Verbesserung vor (alt) und nach (neu) der Einführung der E-Business-Lösungen in den Anwendungsfällen auf. Die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten werden zusätzlich angegeben.

9.3.2.1 Serviceprozessphasen

In der Abbildung 176 werden die Bearbeitungszeiten der Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* betrachtet. Durch die Verteilung der Messdaten ist eine Verschiebung der Quantile vor allem in den Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Aufmaß* und *Abrechnung* zu beobachten. In der Serviceprozessphase *Auftrag* hat sich das obere Quantil von 27 Minuten auf 19 Minuten deutlich verkleinert. Die Streuung der Messwerte innerhalb der Quantile in den Serviceprozessphasen *Anfrage* (zwischen 26 Minuten und 37 Minuten), *Aufmaß* (zwischen 20 Minuten und 35 Minuten) und *Abrechnung* (zwischen 22 Minuten und 43 Minuten) geht deutlich auf einen kleineren Wertebereich zurück (zwischen 20 Minuten und 26 Minuten (*Anfrage*), zwischen 14 Minuten und 28 Minuten (*Aufmaß*), zwischen zwölf Minuten und 29 Minuten (*Abrechnung*)). Dadurch haben sich die Median der Serviceprozessphasen *Anfrage* von 32 Minuten auf 22 Minuten, von 27 Minuten auf 20 Minuten (*Aufmaß*) und von 35 Minuten auf 21 Minuten (*Abrechnung*) verschoben. Insgesamt bleiben größere Ausreißer von Messwerten in den Serviceprozessphasen *Auftrag*, *Aufmaß* und *Abrechnung* erhalten. In der Serviceprozessphase *Anfrage* liegt die durchschnittliche Bearbeitungszeit bei 22 Minuten, *Auftrag* (zwölf Minuten), *Aufmaß* (21 Minuten), *Abnahme* (elf Minuten) und *Abrechnung* (22 Minuten).

²⁵⁰ Der *Median* (Zentralwert) teilt eine Stichprobe in zwei Hälften, sodass links und rechts neben dem Median höchstens je die Hälfte (50 Prozent) des Stichprobenumfangs liegt. Hierdurch wird eine asymmetrische Aufteilung durch so genannte Ausreißer vermieden. Im Gegensatz zum *Mittelwert* hat die Größe der Stichprobenwerte außerhalb des mittleren Bereichs keinen Einfluss auf den Median [Bo04].

²⁵¹ *q-Quantile* stellen eine beliebige Einteilung der Stichprobenwerte bzw. des Stichprobenumfangs dar. Es gilt: $0 \leq q \leq 1$. Im Rahmen dieser Arbeit werden für die Bestimmung der Quantile $q = 0,25$ bzw. $q = 0,75$ ($q = 0,5$ für den Median) verwendet. Quantile werden auch als *Quartile* bezeichnet [Bo04].

²⁵² Die *Schiefe* $v(x)$ ist ein Maß für die Symmetrie einer statistischen Verteilung. Sie zeigt an, ob und wie stark eine Verteilung nach rechts (positive Schiefe) oder nach links (negative Schiefe) geneigt ist [Bo04].

²⁵³ Für die Grundgesamtheit aller Messerwerte wurden sechs Serviceprozessphasen, zwei Dienstleistungsauftragstypen in 16 Anwendungsfällen mit jeweils zehn Messreihen pro Anwendungsfall berücksichtigt. Die Grundgesamtheit der betrachteten Messwerte des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* beträgt $n = 400$ und des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* $n = 480$.

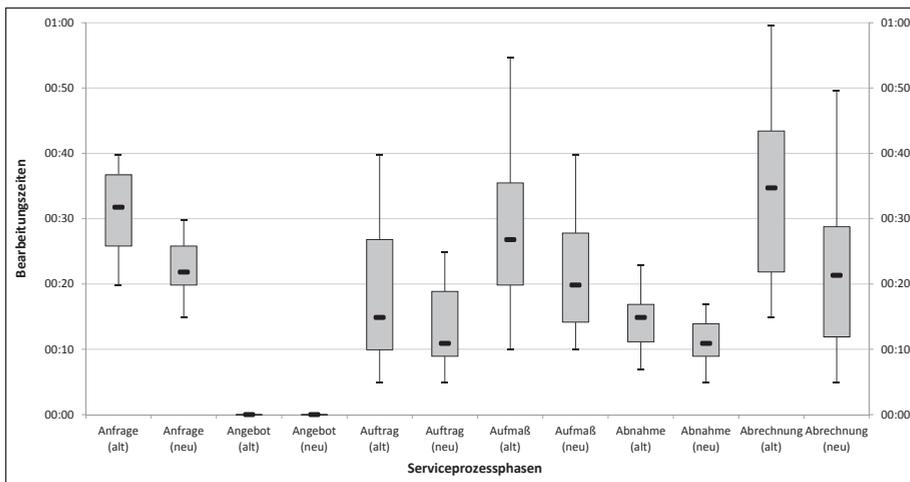


Abbildung 176: Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps Einzelmaßnahme

In der Serviceprozessphase *Anfrage* wird die maximale Bearbeitungszeit von 40 Minuten auf 30 Minuten reduziert. Durchschnittlich lassen sich acht Minuten (ca. 26 Prozent) bzw. maximal bis zu elf Minuten (ca. 67 Prozent) einsparen (siehe Abbildung 177).

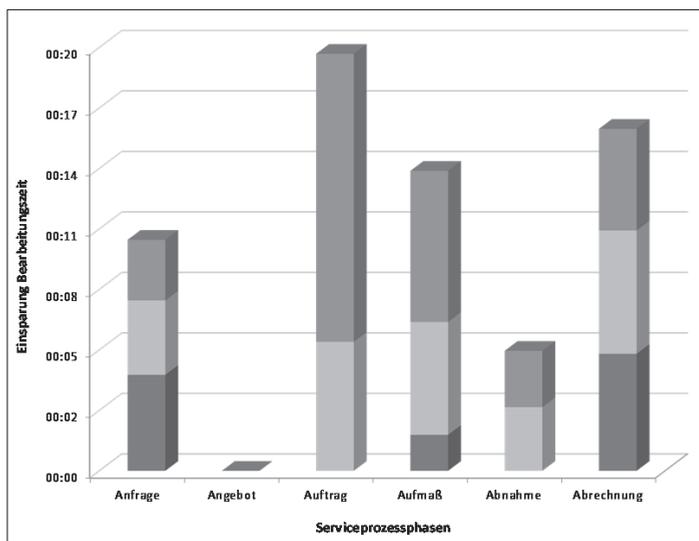


Abbildung 177: Minimale, durchschnittliche und maximale Einsparung an Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps Einzelmaßnahme

In der Serviceprozessphase *Aufmaß* wird die maximale Bearbeitungszeit von 55 Minuten auf 40 Minuten reduziert. In der Serviceprozessphase *Abrechnung* verkürzen sich die minimalen Bearbeitungszeiten von 60 Minuten auf 50 Minuten. Es werden durchschnittliche bzw. maximale Einsparungen von sieben Minuten (ca. 25 Prozent) bzw. 14 Minuten (ca. 51 Prozent) und elf Minuten (ca. 34 Prozent) bzw. 16 Minuten (ca. 27 Prozent) erreicht.

In der Abbildung 178 werden die Bearbeitungszeiten der Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* betrachtet. Die Streuung der Messwerte innerhalb der Quantile in der Serviceprozessphase *Angebot* (zwischen einer Stunde und 41 Minuten und zwei Stunden und 23 Minuten) geht deutlich auf einen kleineren Wertebereich zurück (zwischen einer Stunde und 15 Minuten und einer Stunde und 40 Minuten). In den Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Auftrag*, *Aufmaß* und *Abrechnung* haben sich vor allem die oberen Quantile verkleinert. Der Median der Serviceprozessphase *Anfrage* hat sich von einer Stunde und 31 Minuten auf eine Stunde und sieben Minuten, von einer Stunde und 58 Minuten auf eine Stunde und 30 Minuten (*Angebot*) und von 34 Minuten auf 22 Minuten (*Auftrag*) und von einer Stunde und eine Minute auf 46 Minuten (*Aufmaß*) verschoben. Insgesamt bleiben größere Ausreißer von Messwerten in den Serviceprozessphasen *Angebot* und *Aufmaß* erhalten. In der Serviceprozessphase *Anfrage* liegt die durchschnittliche Bearbeitungszeit bei 72 Minuten, *Angebot* (95 Minuten), *Auftrag* (23 Minuten), *Aufmaß* (67 Minuten), *Abnahme* (14 Minuten) und *Abrechnung* (22 Minuten).

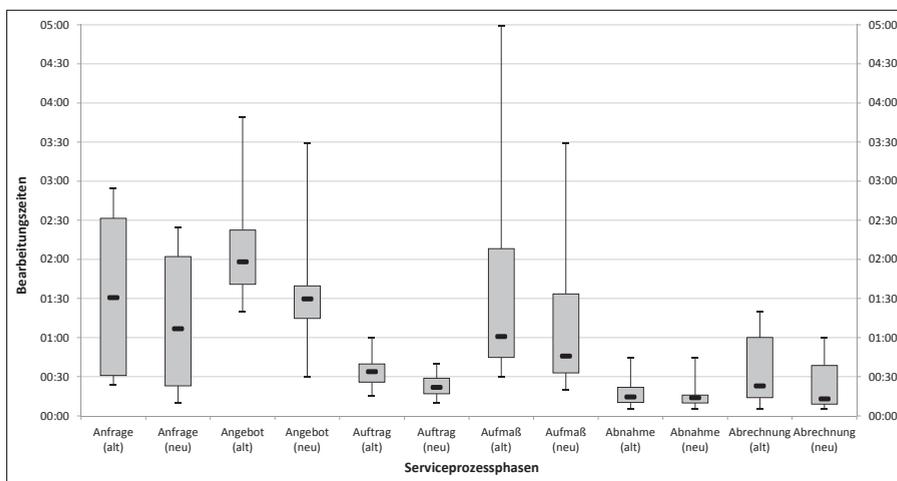


Abbildung 178: Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag*

In der Serviceprozessphase *Angebot* verkürzt sich die maximale Bearbeitungszeit von drei Stunden und 50 Minuten auf drei Stunden und 30 Minuten. Durchschnittlich werden 33 Minuten (ca. 26 Prozent) bzw. maximal bis zu 48 Minuten (ca. 67 Prozent) eingespart. In der Serviceprozessphase *Auftrag* lässt sich die maximale Bearbeitungszeit von 60 Minuten auf 40 Minuten reduzieren. In der Serviceprozessphase *Abrechnung* verringert sich die minimale Bearbeitungszeit von einer Stunde und 20 Minuten auf eine Stunde. Es werden durchschnittliche bzw. maximale Einsparungen von neun Minuten (30 Prozent) bzw. 18 Minuten (ca. 62 Prozent) und elf Minuten (ca. 34 Prozent) bzw. 20 Minuten (ca. 63 Prozent) erreicht (siehe Abbildung 179).

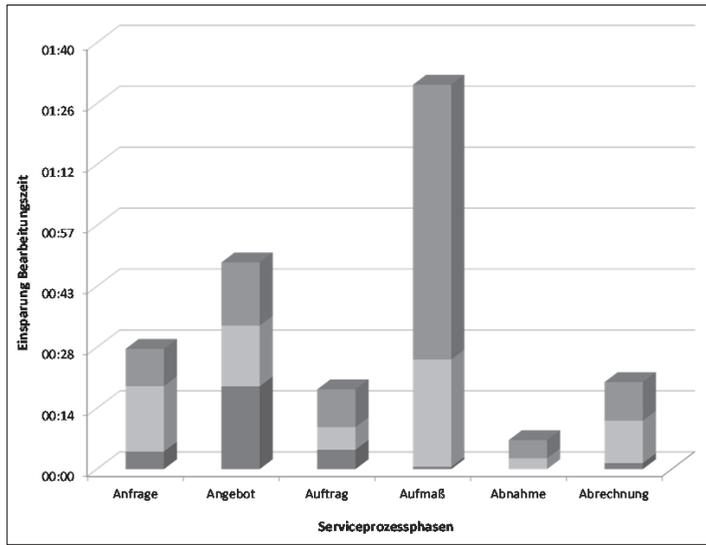


Abbildung 179: Einsparung an Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag*

9.3.2.2 Dienstleistungsauftragstypen

Die minimalen, durchschnittlichen und maximalen Bearbeitungszeiten in Abhängigkeit der Dienstleistungsauftragstypen sind in Abbildung 180 aufgezeigt.

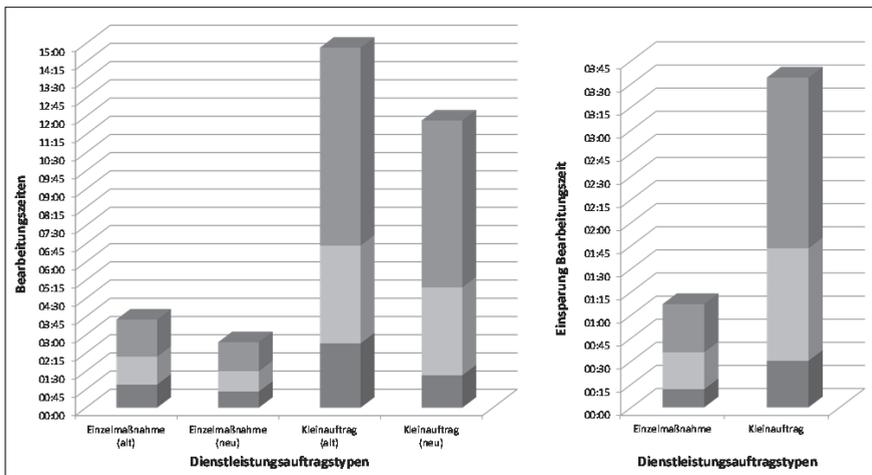


Abbildung 180: Minimale, durchschnittliche und maximale Bearbeitungszeiten und Einsparungen der Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag*

Die Bearbeitungszeiten der Serviceprozesse zur Abwicklung des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* betragen insgesamt vor der Einführung der E-Business-Lösungen durchschnittlich zwei Stunden und sechs Minuten bzw. maximal bis zu drei Stunden und 38 Minuten pro Dienstleistungsauftrag. Sie betragen durchschnittlich eine Stunde und 30 Minuten und maximal zwei Stunden und 42 Minuten nach der Einführung der E-Business-

Lösungen. Die Bearbeitungszeiten der Serviceprozesse zur Abwicklung des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* summierten sich vorher durchschnittlich auf sechs Stunden und 40 Minuten bzw. maximal bis zu 14 Stunden und 50 Minuten. Sie betragen danach durchschnittlich vier Stunden und 57 Minuten und maximal bis zu elf Stunden und 50 Minuten. Die Bearbeitungszeiten können bei der *Einzelmaßnahme* durchschnittlich um 35 Minuten (ca. 28 Prozent) und beim *Kleinauftrag* durchschnittlich um eine Stunde und 43 Minuten (ca. 26 Prozent) reduziert werden.

9.3.3 Durchlaufzeiten

Für die Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag* werden die Durchlaufzeiten betrachtet. Die Durchlaufzeit setzt sich aus der *Rüstzeit* (Vorbereitungszeit von Ressourcen), der *Bearbeitungszeit* (Zeit für die Durchführung einer Aktivität), der *Liegezeit* (ungewollte Wartezeit) und der *Transportzeit* (Zeit für den Transport einer Ressource) zusammen. Die durchgeführten Messungen erfassen die Bearbeitungszeit und die Liegezeit. Die Rüstzeiten und Transportzeiten sind nicht eingerechnet. Die Bearbeitungszeiten wurden in Abschnitt 9.3.2 betrachtet. Die Messung der Liegezeiten berücksichtigt auch ungewollte Wartezeiten durch fehlerhafte Datenübermittlung oder nicht korrespondierende empfangene Daten, die nicht beachtet wurden. Die Durchlaufzeiten der Serviceprozessphasen sind aufgrund der starken Streuung der erhobenen Messwerte mit Hilfe des Diagrammtyps Boxplot dargestellt. Die Grundgesamtheit der betrachteten Messwerte beträgt $n = 880^{254}$. Der Boxplot zeigt die Verbesserung vor (alt) und nach (neu) der Einführung der E-Business-Lösungen in den Anwendungsfällen auf. Die durchschnittlichen Durchlaufzeiten werden zusätzlich angegeben.

9.3.3.1 Serviceprozessphasen

Die Abbildung 181 zeigt eine Verschiebung der oberen und unteren Quantile in allen Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme*. Die Streuung der Messwerte innerhalb der Quantile in den Serviceprozessphasen *Anfrage* (zwischen 36 Minuten und 49 Minuten) und *Auftrag* (zwischen 22 Minuten und 43 Minuten) geht deutlich auf einen kleineren Wertebereich zurück (zwischen 28 Minuten und 35 Minuten (*Anfrage*) und zwischen 16 Minuten und 25 Minuten (*Auftrag*)). In der Serviceprozessphase *Aufmaß* haben sich die Messwerte der Quantile zwischen 40 Minuten und 57 Minuten auf 31 Minuten und 45 Minuten verschoben, in der Serviceprozessphase *Abrechnung* zwischen 37 Minuten und 58 Minuten auf 25 Minuten und 44 Minuten. Damit versetzt sich der Median der Serviceprozessphase *Aufmaß* von 49 Minuten auf 37 Minuten, der Median der Serviceprozessphase *Abrechnung* von 51 Minuten auf 35 Minuten.

²⁵⁴ Für die Grundgesamtheit der Messwerte wurden sechs Serviceprozessphasen, zwei Dienstleistungsauftragstypen in 16 Anwendungsfällen mit zehn Messreihen pro Anwendungsfall berücksichtigt. Die Grundgesamtheit der betrachteten Messwerte des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* beträgt $n = 400$ und des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* beträgt $n = 480$.

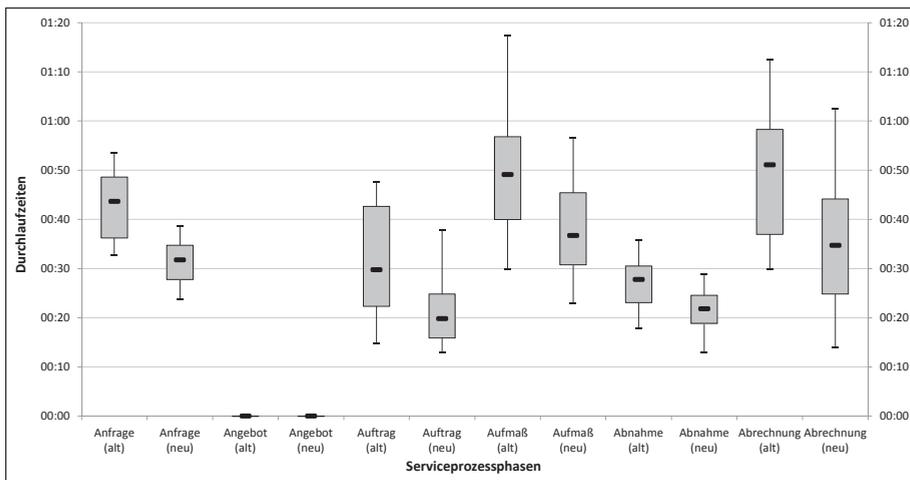


Abbildung 181: Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps Einzelmaßnahme

In der Serviceprozessphase *Auftrag* wird die maximale Durchlaufzeit von 48 Minuten auf 38 Minuten reduziert. In der Serviceprozessphase *Anfrage* liegt die durchschnittliche Durchlaufzeit bei 32 Minuten, in *Auftrag* bei 21 Minuten, in *Aufmaß* bei 38 Minuten, in *Abnahme* bei 21 Minuten und in der Serviceprozessphase *Abrechnung* bei 35 Minuten. Durchschnittlich werden in der Serviceprozessphase *Auftrag* neun Minuten (ca. 31 Prozent) bzw. maximal bis zu 25 Minuten (ca. 46 Prozent) eingespart. In der Serviceprozessphase *Aufmaß* wird die maximale Durchlaufzeit von einer Stunde und 18 Minuten auf 57 Minuten reduziert, in der Serviceprozessphase *Abrechnung* von einer Stunde und 13 Minuten auf eine Stunde und drei Minuten. Es lassen sich durchschnittliche bzw. maximale Einsparungen von zehn Minuten (22 Prozent) bzw. 17 Minuten (ca. 73 Prozent) und 14 Minuten (ca. 29 Prozent) bzw. 19 Minuten (ca. 49 Prozent) erreichen (siehe Abbildung 182).

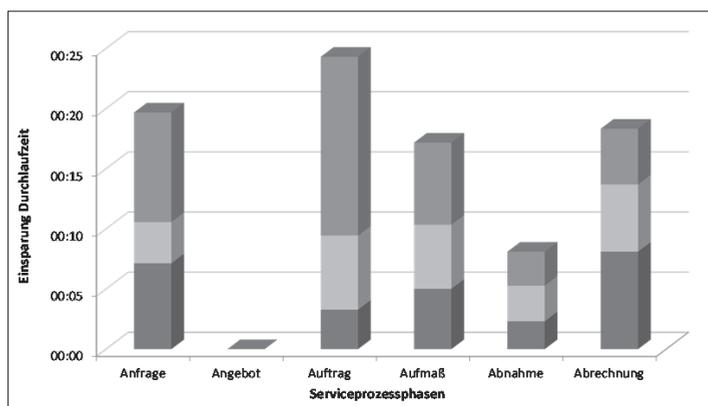


Abbildung 182: Einsparung an Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps Einzelmaßnahme

Für den Dienstleistungsauftragstyp *Kleinauftrag* geht die Streuung der Messwerte in den Serviceprozessphasen *Angebot* (zwischen zwei Stunden und 17 Minuten und zwei Stunden

und 52 Minuten) und *Auftrag* (zwischen 38 Minuten und 53 Minuten) deutlich auf einen kleineren Wertebereich zurück (zwischen einer Stunde und 42 Minuten und zwei Stunden und sieben Minuten (*Angebot*) und zwischen 25 Minuten und 38 Minuten (*Auftrag*)). In der Serviceprozessphase *Aufmaß* haben sich die Messwerte der Quantile zwischen einer Stunde und sieben Minuten und zwei Stunden und 37 Minuten auf 49 Minuten und einer Stunde und 52 Minuten verschoben, in der Serviceprozessphase *Abnahme* nur minimal zwischen 24 Minuten und 36 Minuten auf 20 Minuten und 27 Minuten. Damit versetzt sich der Median der Serviceprozessphase *Angebot* von zwei Stunden und 26 Minuten auf eine Stunde und 57 Minuten, der Median der Serviceprozessphase *Auftrag* von 44 Minuten auf 33 Minuten (siehe Abbildung 183).

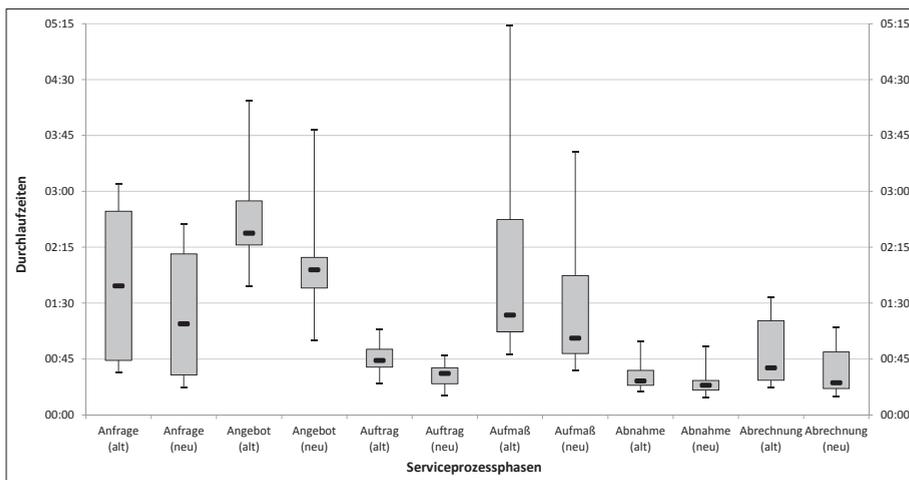


Abbildung 183: Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps Kleinauftrag

In der Serviceprozessphase *Anfrage* liegt die durchschnittliche Durchlaufzeit bei 82 Minuten, *Angebot* (zwei Stunden und drei Minuten), *Auftrag* (32 Minuten), *Aufmaß* (84 Minuten), *Abnahme* (25 Minuten) und *Abrechnung* (35 Minuten). In der Serviceprozessphase *Anfrage* wird die maximale Durchlaufzeit von drei Stunden und sechs Minuten auf zwei Stunden und 34 Minuten reduziert. Durchschnittlich können 22 Minuten (ca. 21 Prozent) bzw. maximal bis zu 32 Minuten (ca. 79 Prozent) eingespart werden. In der Serviceprozessphase *Angebot* gelingt es, die maximalen Durchlaufzeiten um durchschnittlich 36 Minuten (ca. 23 Prozent) und maximal bis zu 52 Minuten (ca. 55 Prozent) zu senken. In der Serviceprozessphase *Aufmaß* wird die maximale Durchlaufzeit von fünf Stunden und 14 Minuten auf drei Stunden und 32 Minuten, in der Serviceprozessphase *Abrechnung* die minimale Durchlaufzeit von einer Stunde und 35 Minuten auf eine Stunde und elf Minuten reduziert. Es werden durchschnittliche bzw. maximale Einsparungen von 30 Minuten (26 Prozent) bzw. eine Stunde und 38 Minuten (ca. 67 Prozent) und 14 Minuten (ca. 29 Prozent) bzw. 24 Minuten (ca. 66 Prozent) erreicht (siehe Abbildung 184).

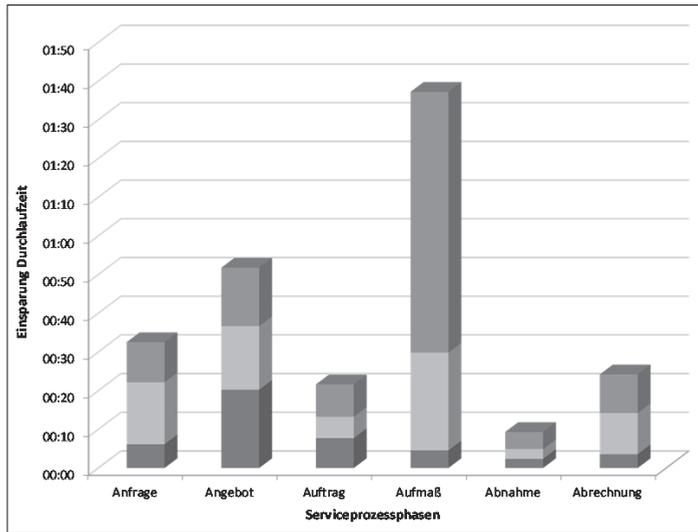


Abbildung 184: Einsparung an Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag*

9.3.3.2 Dienstleistungsauftragstypen

Die minimalen, durchschnittlichen und maximalen Durchlaufzeiten in Abhängigkeit der Dienstleistungsauftragstypen sind in Abbildung 185 aufgezeigt.

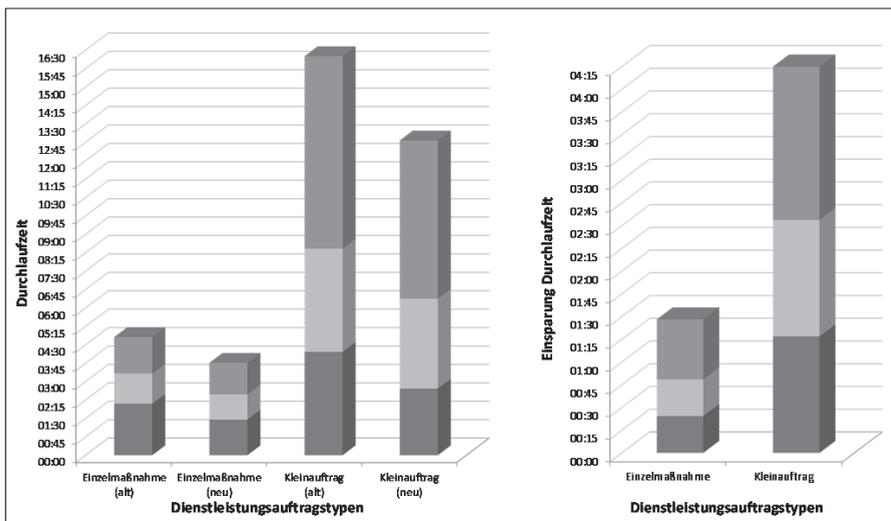


Abbildung 185: Minimale, durchschnittliche und maximale Durchlaufzeiten und Einsparungen der Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag*

Die Durchlaufzeiten der Serviceprozesse zur Abwicklung des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* betragen vor der Einführung der E-Business-Lösungen durchschnittlich drei Stunden und 20 Minuten bzw. maximal bis zu vier Stunden und 49 Minuten. Sie betragen nach der Einführung der Lösungen durchschnittlich zwei Stunden und 28 Minuten

und maximal drei Stunden und 46 Minuten. Die Durchlaufzeiten der Serviceprozesse zur Abwicklung des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* summierten sich vorher durchschnittlich auf acht Stunden und 25 Minuten bzw. maximal bis zu 16 Stunden und 16 Minuten. Sie betragen danach durchschnittlich sechs Stunden und 23 Minuten und maximal 12 Stunden und 50 Minuten. Die Durchlaufzeiten werden bei der *Einzelmaßnahme* durchschnittlich um 51 Minuten (ca. 26 Prozent) und beim *Kleinauftrag* durchschnittlich um zwei Stunden und zwei Minuten (ca. 24 Prozent) reduziert.

9.3.4 Bearbeitungskosten

Die Bearbeitungskosten korrelieren mit den Bearbeitungszeiten von Aktivitäten in den Serviceprozessphasen. Um die möglichen Einsparungen an Bearbeitungskosten aufzuzeigen, werden Bearbeitungskosten in Höhe von 50 €²⁵⁵ pro Stunde angesetzt, die als Durchschnittswert in der betrieblichen Praxis angenommen werden. Die entstandenen Bearbeitungskosten und mögliche Einsparungen vor und nach der Einführung der E-Business-Lösungen werden aufgezeigt.

9.3.4.1 Serviceprozessphasen

Die Bearbeitungskosten des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* sind vor allem in den Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Aufmaß* und *Abrechnung* reduziert (siehe Abbildung 186). In der Serviceprozessphase *Anfrage* werden die durchschnittlichen Bearbeitungskosten bzw. maximalen Bearbeitungskosten in Höhe von 25,74 € bzw. 33,33 € auf 18,98 € bzw. 25,00 € gesenkt, in der Serviceprozessphase *Aufmaß* in Höhe von 23,57 € bzw. 45,83 € auf 17,66 € bzw. 33,33 € und in der Serviceprozessphase *Abrechnung* in Höhe von 28,32 € bzw. 50,00 € auf 18,78 € bzw. 41,67 €.

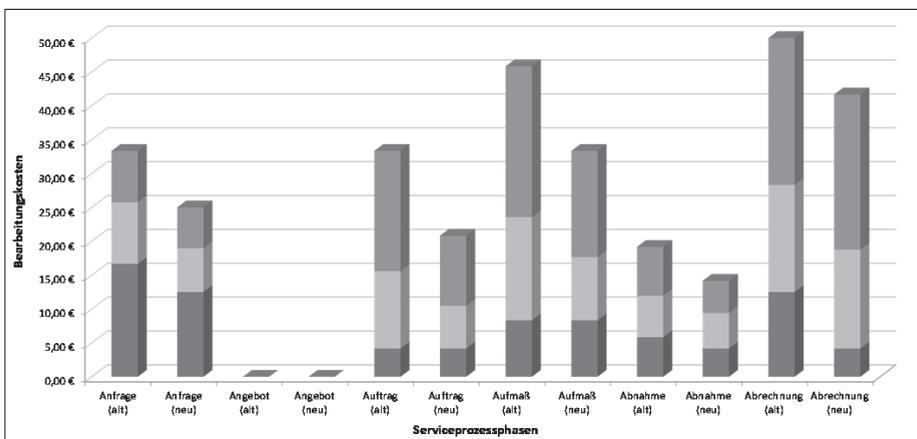


Abbildung 186: Minimale, durchschnittliche und maximale Einsparung an Bearbeitungskosten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme*

²⁵⁵ Arbeitslohnkosten inkl. Bruttolohnkosten, tarifliche Sozialaufwendungen, gesetzliche Sozialaufwendungen, betriebliche Gemeinkosten, sonstige Aufwendungen und Mehrwertsteuer [SB13].

Dadurch ergeben sich Einsparungen von durchschnittlich ca. 26 Prozent in der Serviceprozessphase *Anfrage*, ca. 25 Prozent in der Serviceprozessphase *Aufmaß* und ca. 34 Prozent in der Serviceprozessphase *Abrechnung*.

Die Bearbeitungskosten des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* verringern besonders in den Serviceprozessphasen *Angebot*, *Auftrag* und *Abrechnung*. In der Serviceprozessphase *Angebot* werden die durchschnittlichen Bearbeitungskosten bzw. maximalen Bearbeitungskosten in Höhe von 108,20 € bzw. 191,67 € auf 79,93 € bzw. 175,00 € gesenkt, in der Serviceprozessphase *Auftrag* in Höhe von 27,81 € bzw. 50,00 € auf 19,54 € bzw. 33,33 € und in der Serviceprozessphase *Abrechnung* in Höhe von 28,18 € bzw. 66,67 € auf 18,63 € bzw. 50,00 €. So ergeben sich Einsparungen von durchschnittlich 26 Prozent in der Serviceprozessphase *Angebot*, ca. 30 Prozent in der Serviceprozessphase *Auftrag* und ca. 34 Prozent in der Serviceprozessphase *Abrechnung* (siehe Abbildung 187).

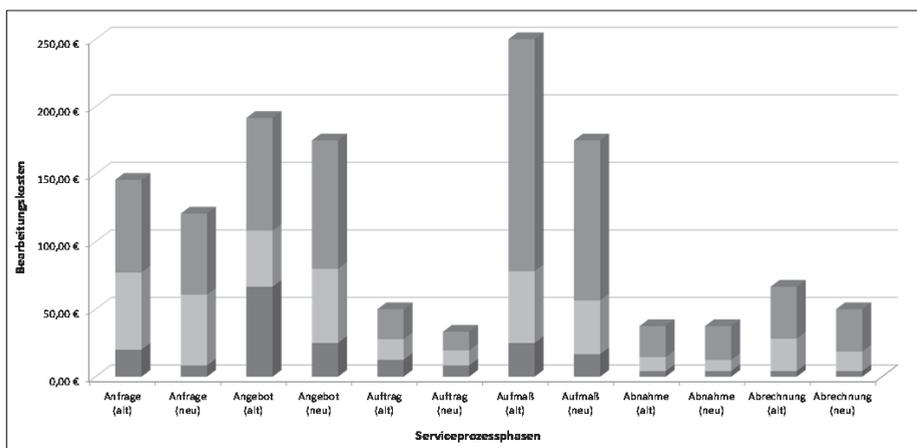


Abbildung 187: Minimale, durchschnittliche und maximale Einsparung an Bearbeitungskosten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag*

9.3.4.2 Dienstleistungsauftragstypen

In der Auftragsabwicklung der Beschaffung von Dienstleistungen werden die Bearbeitungskosten eines Dienstleistungsauftrags des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* durchschnittlich um 29,86 € (ca. 28 Prozent) und maximal um 55,95 € (ca. 26 Prozent) gesenkt und die eines Dienstleistungsauftrags des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* durchschnittlich um 86,19 € (ca. 26 Prozent) und maximal um 178,69 € (ca. 20 Prozent).

9.4 Bewertung der E-Business-Lösungen

Die entwickelten E-Business-Lösungen, ihre Nutzung und Bewertung in technologischen Anwendungen sowie ihre Evaluierung durch Prozessmessungen werden einem Gesamtfazit unterzogen.

9.4.1 Bewertung der erreichten Gestaltungsziele

An die Entwicklung der beiden E-Business-Lösungen wurden im Abschnitt 9.1.1 Anforderungen definiert. Sie werden nach ihrer Anwendung und Evaluierung abschließend aufgegriffen, um eine Bewertung zu ermöglichen. Die E-Business-Lösungen repräsentieren das elektronische Datenaustauschformat *eBuS-XML*, das einen einheitlichen, harmonisierten Datenaustausch ermöglicht und syntaktische und semantische Operabilität sicherstellt (AF_{EB_1}). Zwischenbetriebliche Schnittstellen werden einheitlich beschrieben und reduzieren den Integrations- und Kommunikationsaufwand (AF_{EB_2}). *eBuS-XML* orientiert sich am Referenzprozessmodell *RPSP* (AF_{EB_3}) und bietet eine flexible Architekturlösung und Anbindungsmöglichkeit durch die Unterstützung Service-orientierter Architekturen (AF_{EB_4}). Die Integrationslösung basiert auf dem offenen technischen XML-Standard und ist kompatibel zu existierenden Standards (*GAEB XML*, *openTRANS*, *BMEcat*, *eCl@ss*, ...) und ermöglicht eine kompatible Nutzung und Implementierung (AF_{EB_5}). Des Weiteren basierten die E-Business-Lösungen auf standardisierten Technologien wie XML, SOAP und WSDL (AF_{EB_6}). Die Integrationslösung *eBuS-XML* ermöglicht die Beschreibung einfacher und komplexer Datentypen von Dienstleistungsstrukturen für die Beschreibung des elektronischen Datenaustauschs (AF_{EB_7}). Die Klassifikationslösung harmonisiert die Beschreibung von Dienstleistungen unter der Angabe von Klassifikationsstrukturen und Merkmalen (AF_{EB_8}). Durch die freie Zugänglichkeit der E-Business-Lösungen und die Implementierung des SOA-Clients wird KMU die Möglichkeit der Nutzung und Teilnahme an der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung gegeben und damit einfache Anbindungsvoraussetzungen geschaffen (AF_{EB_9}). Die E-Business-Lösungen sind horizontal und vertikal erweiterbar aufgrund ihrer modularen Struktur. Weitere dienstleistungsspezifische Entitäten und Wertschöpfungsprozesse können zukünftig unterstützt werden ($AF_{EB_{10}}$). Existierende E-Business-Standards lassen sich um Strukturen von *eBuS-XML* erweitern. Durch die Verwendung von standardisierten Technologien auf der Basis von XML werden Adaptoren auf Basis von XML-Schemata und Transformationsregeln mit Hilfe von XSLT entwickelt ($AF_{EB_{11}}$).

9.4.2 Bewertung der technologischen Anwendungen

Die Auswertung der technologischen Anwendungen zeigte die vielfältige und umfassende Nutzung der E-Business-Lösungen in verschiedenen Szenarien der betrieblichen Praxis auf. Mit Hilfe von Anwendungsfällen wurde dargestellt, wie einerseits eine Anwendung in der betrieblichen Unternehmenspraxis vorgenommen wird und wie sich andererseits die verschiedenste Integrationsvarianten auf der Basis unterschiedlicher Technologien wie sich serviceorientierte Architekturen und Anbindungsstrategien unter Einsatz von Softwareanwendungen abbilden lassen. Die technologische Implementierung der E-Business-Lösungen validierte die vielfältigen Möglichkeiten einer Anwendungsintegration. Alle relevanten Daten konnten zwischen Dienstleistungsnachfrager und Dienstleistungsanbieter ausgetauscht werden. Für den Datenaustausch standen erweiterte Funktionalitäten zur Verfügung. Insgesamt wurde der manuelle Aufwand durch die Auflösung von Redun-

dancen und Medienbrüche reduziert. Die Transparenz durch die Harmonisierung des Datenaustauschs wurde erhöht und Kosteneinsparungen realisiert. Die Umsetzung der technologischen Anwendungen erfolgte durch prototypische Implementierungen. In den einzelnen Umsetzungen der technologischen Anwendungen wurden keine durchgängigen End-to-End-Prozessevaluierungen durchgeführt, sondern einzelne Prozessabschnitte und die dort jeweiligen Datentypen betrachtet. Die technologischen Anwendungen unterstützten nur einzelne Teilbeschaffungsprozesse der gesamten Auftragsabwicklung eines Beschaffungsvorgangs. Dabei wurden durch die Fokussierung auf die Hauptprozesse ohne die Betrachtung von etwaigen Ausnahmen vereinfachte Annahmen getroffen. Für eine vollständige Evaluierung sollten auch die verbleibenden Teilbeschaffungsprozesse evaluiert werden. Bei der Umsetzung der technologischen Anwendungen mit Service-orientierten Architekturen wurden ausschließlich synchrone Kommunikationsaufrufe eingesetzt, da die verwendeten Schnittstellendefinitionen nur einen synchronen Nachrichtenaustausch unterstützen. Im Gegensatz zu asynchronen Aufrufen ist bei einem synchronen Nachrichtenaustausch ein weiterer Aufruf solange blockiert, bis eine entsprechende Antwort erfolgt. Weitere vorhandene Schwächen bzw. Probleme lassen sich häufig erst in der betrieblichen Praxis entdecken.

Die entwickelten E-Business-Lösungen sind für die Domäne der industriellen Dienstleistungen für den Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus einsetzbar. Dabei werden insbesondere industrielle Instandhaltungsdienstleistungen unterstützt. Während sich die Harmonisierungslösung auf die Instandhaltung fokussiert, beschreibt die Integrationslösung industrielle Dienstleistungen mit oder ohne materielle Leistungskomponenten. Damit werden alle Arten von industriellen Dienstleistungen unterstützt. Die Integrationslösung definiert und beschreibt Schnittstellen zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern und besitzt eine größere Ausdrucksmächtigkeit als rein materialbezogene Schnittstellen. Damit ist die Übertragbarkeit und Anwendbarkeit der Integrationslösung auf andere Domänen, Branchen, Dienstleistungen und Kollaborationspartner möglich. Die Implementierung der E-Business-Lösung bezieht sich auf XML-basierte Integrationslösungen für einen statischen Datenaustausch als auch auf den dynamischen Datenaustausch mit Service-orientierten Architekturen und die damit verwendeten Technologien.

9.4.3 Bewertung der Prozessevaluierungen

Die Evaluierung der Prozessmessungen zeigt, dass sich die Anzahl der Medienbrüche beim *Kleinauftrag* um über 40 Prozent, bei der *Einzelmaßnahme* sogar über 50 Prozent reduziert. Medienbrüche werden in allen Serviceprozessphasen bei beiden Dienstleistungsauftragstypen aufgrund der Integration und Automatisierung der Serviceprozesse auf der Basis der einheitlichen Beschreibung der Serviceobjekte verringert. Die Bearbeitungszeiten sind für den Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme* um durchschnittlich über 28 Prozent, für den Kleinauftrag um ca. 26 Prozent reduziert. Die Bearbeitungszeiten werden in den Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Aufmaß* und *Abrechnung* des Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und in den Serviceprozessphasen *Anfrage*, *Angebot*, *Auftrag* und *Aufmaß* des Dienstleistungsauftragstyps *Kleinauftrag* gesenkt. Die Verbesserung der Serviceprozesse in Anlehnung an das Referenzprozessmodell ist auf die Verwendung der Harmoni-

sierungs- und Integrationslösungen zurückzuführen. Die Harmonisierungs- und Integrationslösungen vereinfachen die Erstellung von Geschäftsdokumenten. Das Einsparpotenzial in der Serviceprozessphase *Auftrag* ist geringer, da auf der Basis eines Angebots die Daten für die Auftragerstellung bereits vorliegen. In der Serviceprozessphase *Abnahme* liegt nur eine geringe Senkung der Bearbeitungszeiten vor, da viele Aktivitäten manuell durchgeführt werden. Die Durchlaufzeiten lassen sich bei der *Einzelmaßnahme* um über 25 Prozent, beim *Kleinauftrag* um über 24 Prozent im Durchschnitt reduzieren. Die Durchlaufzeiten werden vor allem in den Serviceprozessphasen *Aufmaß* und *Abrechnung* des Dienstleistungsauftragstyps *Einzelmaßnahme* und in den Serviceprozessphasen *Angebot*, *Auftrag*, *Aufmaß* und *Abrechnung* des Dienstleistungsbeschaffungstyps *Kleinauftrag* verbessert. Die Gründe hierfür liegen in der Senkung der Bearbeitungszeiten sowie der Fehlerreduktion in Daten durch einheitliche Beschreibungsformate (Verbesserung der Stammdatenqualität) und der damit einhergehenden Harmonisierung der Stammdaten. Insgesamt ist eine deutliche Verbesserung der Performanz festzustellen. Die Gründe dafür liegen in der Verbesserung der Stammdatenqualität, dem Einsatz der E-Business-Lösungen und die damit einhergehende Harmonisierung der Stammdaten. Die Bearbeitungskosten verhalten sich proportional zu den Bearbeitungszeiten und weisen ebenso vielversprechende Kosteneinsparungen aus. Beim Dienstleistungsauftragstyp *Einzelmaßnahme* werden durchschnittlich ca. 30,00 € (ca. 28 Prozent Einsparung bei den betrachteten Anwendungsfällen) und bis zu ca. 56,00 € (ca. 26 Prozent Einsparung bei den betrachteten Anwendungsfällen) pro Auftragsabwicklung eingespart, beim *Kleinauftrag* durchschnittlich ca. 86,00 € (ca. 26 Prozent Einsparung bei den betrachteten Anwendungsfällen) und bis zu ca. 179,00 € (ca. 20 Prozent Einsparung bei den betrachteten Anwendungsfällen). Das führt bei kleinen und mittleren Unternehmen mit einer durchschnittlichen Auftragsanzahl von ca. 500 Aufträgen zu maximalen Einsparungspotenzialen von ca. 28.000 € bzw. 89.500 € je nach Dienstleistungsauftragstyp. Die Grundlage der erzielten Kosteneinsparungen bezieht sich auf die eingesetzten Technologien wie Produktkataloglösungen und Datenaustausch von Leistungstammdaten als auch die verwendeten IT-Systeme wie ERP-Lösung oder Middleware. Die Verwendung anderer technologischer Lösungen im Zusammenhang mit den entwickelten E-Business-Lösungen kann zu unterschiedlichen Kosteneinsparungen führen.

Die in den Simulationsexperimenten über die Simulation von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten der Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag* gewonnenen Simulationsergebnisse werden in den Prozessmessungen weitestgehend ohne größere Abweichungen bestätigt (siehe Kapitel 8). Sie lassen auch auf die Verwendung eines adäquaten Simulationsmodells und dessen Parametrisierung schließen und zeigen einen engen Bezug zur Realität auf. Die Ergebnisse der Prozessmessungen nach dem Einsatz der E-Business-Lösungen korrelieren mit den Simulationsergebnissen über die Simulation von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten der Dienstleistungsauftragstypen *Einzelmaßnahme* und *Kleinauftrag*.

Die durchgeführten Prozessevaluierungen wurden im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts in mehreren Unternehmen durchgeführt. Der Fokus der Prozessevaluierungen lag auf Unternehmen mit der Beschaffung oder dem Verkauf von industriellen Instandhaltungsdienstleistungen. Unternehmen ähnlicher oder anderer Dienstleistungsdomänen müssen darüber hinaus noch evaluiert werden. Die durchgeführten empirischen

Messungen sind mit einem gewissen Ungenauigkeitsfaktor versehen. Die Prozessevaluierungen wurden unter optimierten Bedingungen durch Domänenexperten und Fachanwender durchgeführt. Darüber hinaus wurden vereinfachte Annahmen getroffen. So wurden Wartezeiten nicht berücksichtigt als auch die Untersuchung auf die Hauptprozesse eingeschränkt. Die grundsätzlichen Beschaffungsprozessstrukturen für Dienstleistungen in Unternehmen sind vergleichbar, unterscheiden sich allerdings im Detail, in der Prozessiefe und in der Ausprägung von verschiedenen Dienstleistungsauftragstypen. Auch weist nicht jede Messung eines Prozesses bzw. Teilprozesses homogene Durchschnittsmessergebnisse ohne Extremwerte (Ausreißer) auf. Aufgrund dieser Schwankungen in den Messergebnissen wurden Durchschnittswerte aller Messungen betrachtet und Extremwerte in den Prozessmessungen nicht berücksichtigt. Für die Betrachtung der Bearbeitungskosten wurden durchschnittliche, relative Kostenannahmen getroffen, da in Unternehmen unterschiedliche Kostenstrukturen vorherrschen.

Als Bedingungen für die Durchführung der Prozessevaluierung müssen die vorhandenen Geschäftsprozesse expliziert bzw. dokumentiert sein und vor allem die Schnittstellen identifiziert werden. Das Wissen von Domänenexperten und Fachanwendern sollte hinzugezogen werden. Das Referenzprozessmodell kann als Orientierung der Prozessabläufe herangezogen werden. Die gewonnenen Ergebnisse durch die Prozessmessungen stehen in Abhängigkeit der betrachteten Anwendungsfälle. Die Praxisergebnisse wurden mit dieser Praxisumsetzung und damit der vorliegenden Implementierung erzielt.

9.4.4 Betrachtung der Total Cost of Ownership (TCO)

Das *Total Cost of Ownership (TCO)*-Modell der Gartner Group [Ga09] berücksichtigt Anschaffungskosten und Kosten im laufenden Betrieb. Es werden direkte, budgetierte Kostenkategorien (*Hard- und Software, Operations, Administration*) und indirekte, nicht budgetierte Kostenkategorien (*Endbenutzer Operations, Downtime*) unterschieden [Lo09]. Die entstehenden TCO durch den Einsatz der E-Business-Lösungen müssen von Unternehmen aufgrund individueller Ressourcenkosten unterschiedlich bewertet werden und sind nicht generisch quantifizierbar. Mögliche Kostentreiber der direkten, budgetierten Kostenkategorien sind Kosten für Software (Middleware, Lizenzkosten), Operations und Administration durch die Planung und Einführung, das Prozessmanagement (Business Process Reengineering) und für die Implementierung der E-Business-Lösungen sowie IT-Schulungen (Support und Training) für deren Benutzung. Die Integrationslösung *eBuS-XML* ist in einem prototypischen Stadium frei verfügbar. Die Harmonisierungslösung lässt sich als Teil des Klassifikationsstandards *eCl@ss* bei *eCl@ss* e. V. lizenzieren. Weitere Kosten entstehen durch einen einmaligen Implementierungsaufwand auf Dienstleistungsanbieter und -nachfragerseite als auch durch Schulung, externe Beraterkosten, mögliche notwendige Hard- und Softwareerweiterungen und interne Personalkosten. Erste indikative Einsparpotenziale wurden durch die Prozessmessungen der Bearbeitungskosten aufgezeigt. Auf diese Art und Weise sind mögliche Ersparnisse darstellbar und können in Abhängigkeit von unternehmensspezifischen Auftragsvolumen berechnet und den individuellen, unternehmensabhängigen TCO gegenübergestellt werden. Generell sind die Kostensätze für Bearbeitungskosten unternehmensspezifisch und variieren über die Zeit. Aus diesem Grund sind

die in den Prozessmessungen gewonnenen Zahlen als exemplarisch zu betrachten. Die indirekten, budgetierten Kostenkategorien sind vorab nur sehr schwer zu bemessen.

Im Allgemeinen stellt die Verwendung von Standards durch die Sicherstellung von Kompatibilität zu Nachfolgetechnologien ein verringertes Investitionsrisiko dar [HS02]. Die Verwendung der E-Business-Lösungen führt zu einer Kostensenkung bei der Integration durch die Reduzierung bzw. Eliminierung der Schnittstellenanzahl. Die Nutzung eines Standards führt im Allgemeinen zu einer Vereinfachung der Durchführung von Transaktionen zwischen Marktakteuren [BK98]. Dienstleistungsanbieter und -nachfrager müssen keine individuellen Anpassungen an ihren Informationssystemen bzw. Schnittstellen vornehmen.

9.4.5 Qualitative Bewertung

Die Integrationslösung fokussiert hybride Leistungsbündel, insbesondere Instandhaltungsdienstleistungen als industrielle Dienstleistungen. Die Übertragbarkeit auf andere Leistungsdomänen wurde konzeptionell und technisch berücksichtigt, muss aber noch auf Praxistauglichkeit geprüft werden. Weiteres Anwenderfeedback durch Umfragen zur Benutzbarkeit und Implementierbarkeit als auch über die Nutzerakzeptanz ist notwendig. Die Harmonisierungslösung stellt eine Erweiterung des Klassifikationsstandards eCl@ss dar, der sich auf dem Markt für Klassifikationssysteme etabliert ist. Die Nutzerakzeptanz sowie die Nutzung der neuen Klassifikationsklassen und Merkmale zur Klassifizierung sind zum einen durch die Beteiligung an der Entwicklung und späteren Nutzung von interessierten Unternehmen und zum anderen durch die über 120 Mitgliedsunternehmen von eCl@ss [EC11b] als Nachfrager und Anwender des Klassifikationsstandards gegeben.

Generell gelten für die Harmonisierungslösung die identifizierten Vor- und Nachteile von Klassifikationssystemen (siehe Kapitel 4 und Abschnitt 9.1.3). Die entwickelten E-Business-Lösungen bieten einen flexiblen Ansatz für verschiedene Integrationsszenarien und technologische Anwendungen. Als Rahmenbedingung wurden Beschaffungsszenarien hybrider Dienstleistungen betrachtet, die Integrationslösung ist aber auch auf die Beschaffung rein materieller Güter übertragbar. Die Integrationslösung befindet sich nach wie vor in einem prototypischen Stadium und stellt noch keinen offiziellen Standard dar. Daher ist keine freie Lizenz bzw. keine öffentlich erhältliche Downloadoption von *eBus-XML* zur produktiven Verwendung durch Unternehmen verfügbar. Hierzu ist eine Überführung in die betriebliche Anwendung notwendig.

Im Zentrum einer potenziellen Einführung der E-Business-Lösungen steht das sogenannte *Standardisierungsproblem* [Bu96]: Es bezeichnet das Entscheidungsproblem, welcher Kommunikationspartner welchen Standard verwenden sollte. Dabei wird der Trade-off bei der Auswahlentscheidung getroffen: Auf der einen Seite ist die Verwendung eines E-Business-Standards typischerweise mit Kosten verbunden, auf der anderen Seite vereinfacht die Nutzung eines Standards den Informationsaustausch zwischen den Akteuren. Prinzipiell verspricht die Standardisierung von Geschäftsdaten durch E-Business-Lösungen eine Senkung der Transaktionskosten, um so die Qualität von Entscheidungen zu verbessern [Do02]. Die Einführung von standardisierten E-Business-Lösungen führt zu positiven

Netzwerkeffekten²⁵⁶ bei Skalenerträgen auf der Nachfrageseite von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern: Die Nutzung von standardisierten E-Business-Lösungen steigt durch den Konsum dieses Gutes durch andere Unternehmen.

Die Verwendung von standardisierten E-Business-Lösungen dient der Lösung von Semantikproblemen durch die Einigung auf ein gemeinsames Begriffsverständnis. Hierdurch wird eine Flexibilität für Kollaborationen mit Geschäftspartnern durch die technische Kompatibilität gegeben. Aus der Standardisierung der E-Business-Lösungen resultieren nach Stemmann [St07c] eine generelle Kostenreduktion durch Integration (Reduzierung von Schnittstellen, Vereinfachung der Durchführung von Transaktionen), Zeitersparnisse, technisch höhere Qualität, verringertes Investitionsrisiko, Lösung von Semantikproblemen, Flexibilität bei Wahl der Geschäftspartner und eine Erhöhung der Integrationstiefe.

Grenzen der Einführung der E-Business-Lösungen ergeben sich durch den schwer quantifizierbaren Nutzen der Einführung von Standards, möglichen mangelnden Effizienzverlusten und Differenzierungspotenzialen und Individualitätsverlusten aufgrund unberücksichtigter Spezifika einzelner Unternehmen [BK98], den Mangel an Konsistenztests und anderen Haftungsproblemen, Lock-in-Effekte²⁵⁷ und durch die Dynamik der technischen Entwicklung und IT-Industrie-induziertes Setzen und Ersetzen von Standards [St07c]. Die Einführung von standardisierten E-Business-Lösungen ist durch ihre Anpassung mit Aufwand verbunden. Hierdurch kann ein Teil des Effizienzgewinns wieder verloren gehen. Existiert bereits eine Vielzahl an alternativen standardisierten E-Business-Lösungen, ruft das Unsicherheit bei den Marktteilnehmern hervor. Die Vertrauensbildung stellt somit eine Hürde dar. Zudem können Kompatibilitätsprobleme mit anderen verfügbaren E-Business-Lösungen auftreten. Die Einführung von standardisierten E-Business-Lösungen kann zu Lock-in-Effekten führen durch deren Abhängigkeit und hohen Wechselkosten zu einem späteren Zeitpunkt. Nach Stemmann [St07c] gelten standardisierte E-Business-Lösungen als Markteintritts- und Marktaustrittsbarrieren.

²⁵⁶ *Netzwerkeffekte* treten bei Interdependenzen zwischen der Anzahl der Anwender eines Standards und dem Nutzen auf. Der Nutzen an einem Standard wächst je größer dessen Nutzerzahl wird [SV98].

²⁵⁷ *Lock-in-Effekte* entstehen durch eine langfristige Kundenbindung an ein Unternehmen oder ein Produkt und damit eine Änderung der gegenwärtigen Lage durch hohe Wechselkosten unwirtschaftlich gemacht wird. Das Ausmaß des Lock-in-Effektes wird über die Höhe der Wechselkosten bestimmt [SV98].

10 Zusammenfassung, Bewertung und Ausblick

Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen in der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Anhand konkreter Anwendungsfälle aus der betrieblichen Praxis der Instandhaltung wurden Lösungsansätze entwickelt, angewendet und evaluiert. Ergebnisse der Forschung und Praxis wurden unter der Fragestellung analysiert, unter welchen entwicklungspezifischen Voraussetzungen Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen zu einem positiven Effekt für die Beschaffung von industriellen Dienstleistungen führen. Davon ausgehend wurden gezielte Ansätze zur Unterstützung der strategischen und operativen elektronischen Beschaffung von industriellen Dienstleistungen entwickelt. Unter Berücksichtigung von Best Practices und Erfahrungswissen von Domänenexperten und Fachanwendern wurden viele der aufgezeigten wissenschaftlichen und praktischen Defizite durch sich ergänzende Ansätze auf der Modellierungsebene und auf der Ausführungsebene weitestgehend beseitigt oder abgemildert. Die erarbeiteten Inhalte werden in *Abschnitt 10.1* abschließend zusammengefasst und *Abschnitt 10.2* kritisch bewertet. In *Abschnitt 10.3* wird schließlich ein Ausblick auf weiterführende Forschungsaktivitäten gegeben.

10.1 Zusammenfassung

Zunächst wurden die Nachfrage und Beschaffung von industriellen Dienstleistungen nachhaltig begründet. Insbesondere Instandhaltungsdienstleistungen gewinnen eine strategische Bedeutung im Wettbewerb durch zunehmenden Preisdruck, der einen steigenden Kostendruck bedingt [Al89]. In der aktuellen Forschung und Praxis zeichnen sich Defizite ab, den Anforderungen gerecht zu werden, gezielter kundenspezifische Produkte und individuelle Serviceleistungen zu erstellen, schnelle und komplexe Abläufe anzubieten bei gleichzeitiger Steigerung der Effektivität, Effizienz und Qualität. Sowohl die wissenschaftliche Forschung als auch die betriebliche Praxis weisen Mängel an methodisch fundierten Methoden, Modellen und E-Business-Lösungen zur Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme zur Unterstützung der Beschaffung von industriellen Dienstleistungen auf. Das *domänenspezifische Vorgehensmodell* zur Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung wurde definiert, um die Vorgehensweise und die Verknüpfung der entwickelten Ansätze dieser Arbeit zu strukturieren (*Kapitel 1*). In den darauf folgenden Grundlagenkapiteln (*Kapitel 2, 3 und 4*) wurden die Grundlagen des Geschäftsprozessmanagements, des Informationsmanagements, prozessorientierter Informationssysteme, der Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten, Dienstleistungen, Dienstleistungsbeschaffung und der elektronischen Beschaffung von Dienstleistungen eingeführt und dargestellt. Die Grundlagen dienen der Motivation und dem Verständnis der in den nachfolgenden Hauptkapiteln entwickelten Lösungsansätze.

Die für diese Arbeit relevanten Grundlagen des Geschäftsprozessmanagements und des Informationsmanagements sowie die Grundlagen von Informationssystemen wurden be-

schrieben (siehe *Kapitel 2*). Im Fokus standen die Harmonisierung und Integration von Geschäftsprozessen, Daten und Anwendungen. Einen zentralen Aspekt bildete das *Geschäftsprozessmanagement*. Seine Bedeutung und Rolle in der Dienstleistungsbeschaffung wurden in Abschnitt 2.1 aufgezeigt. Die zentralen Begriffe *Geschäftsprozessmanagement*, *Geschäftsprozesse* und *Workflowmanagement* wurden eingeführt, definiert und abgegrenzt (Abschnitt 2.2). Das domänenspezifische Geschäftsprozessmanagement, das *Serviceprozessmanagement*, wurde vorgestellt und die zentralen Begriffe *Serviceprozess* und *Serviceobjekt* konkretisiert und definiert (Abschnitt 2.3). Das *prozessorientierte Informationsmanagement* zur Planung und Gestaltung von Informationssystemen zur Erreichung strategischer Unternehmensziele, *Informationen* und *Daten* sowie das *Service Master Data Management* wurden in Abschnitt 2.4 eingeführt. Die Nutzung von Daten und die Ausführung von Serviceprozessen in *prozessorientierten Informationssystemen* (Abschnitt 2.5) wurden ausgeführt. Die Zusammenführung der Aspekte Geschäftsprozessmanagement, Informationsmanagement und Informationssysteme in Abschnitt 2.6 erfolgte durch die Betrachtung der *Harmonisierung* und *Integration* von Geschäftsprozessen, Daten und Anwendungen.

Im nächsten Schritt wurden in *Kapitel 3* die in der Wissenschaft vorherrschenden und repräsentativen Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse und Prozessobjekte vergleichend vorgestellt. Die Modellierung als Beschreibung von Sachverhalten unter Verwendung einer Modellierungssprache zur Beschreibung und zum Verständnis realer Strukturen und Systeme von Metamodellen, Geschäftsprozessmodellen und Informationsmodellen wurde in Abschnitt 3.1 begründet. *Prozessmodellierungssprachen* zur Beschreibung von Geschäftsprozessen wurden vorgestellt (Abschnitt 3.2). Die Modellierung von *einfachen* und *höheren Petri-Netzen*, ihre Sprachelemente, Eigenschaften, formalen Konzepte und Netztransformationen und verschiedene Varianten einfacher und höherer Petri-Netze wurden aufgezeigt und durch Beispiele verdeutlicht. Aufgrund ihrer Relevanz für die Entwicklung der integrierten Modellierungsmethode bildeten die *XML-Netze* einen besonderen Schwerpunkt. Ihre Eigenschaften, Vorteile und spezifische Syntax wurden ausführlich aufgezeigt. Die Vorstellung und der Vergleich weiterer graphisch-basierter und text-basierter Modellierungssprachen wie *UML*, *EPK*, *BPMN*, *XPDL* und *WS-BPEL* schlossen sich an. Die Modellierung von Prozessobjekten wurde am Beispiel der XML-basierten Prozessmodellierung mit dem *XML-Schema-Modell (XSM)* dargestellt (Abschnitt 3.3).

In *Kapitel 4* wurden im Weiteren die Bedeutung und Wertschöpfung von Dienstleistungen motiviert und Systematisierungsansätze, Merkmale und Unterschiede zu Sachleistungen aufgezeigt (Abschnitt 4.1). Die *industrielle Dienstleistung* als ein hybrides Produkt und Teil der hybriden Wertschöpfung sowie ihre charakteristischen Eigenschaften und Systematisierung wurden eingeführt. Die *industrielle Instandhaltungsdienstleistung* mit dem größten Anteil an den industriellen Dienstleistungen und ihre Nutzung für den Maschinen- und Anlagenbau wurde aufgezeigt (Abschnitt 4.2) Die *industrielle Dienstleistungsbeschaffung* und ihre Bedeutung für den Maschinen- und Anlagenbau wurden begründet, *Beschaffungsprozessaktivitäten*, *Beschaffungsphasen* und *strategische, taktische* und *operative Beschaffungsprozessstypen* beschrieben. Die Unterschiede in der Sach- und Dienstleistungsbeschaffung wurden aufgezeigt. Auf *industrielle Dienstleistungsnetzwerke* und *Service Chains* sowie *Wertschöpfungsprozesse* in der Dienstleistungsbeschaffung wurde eingegangen (Abschnitt 4.3). Die Realisierung von Interoperabilität im E-Business auf der

Basis von *Standards* für die *elektronische Dienstleistungsbeschaffung* wurde begründet, die Bedeutung von *E-Business-Standards*, ihre Systematisierung, ihre Formen und Ausprägungen für die elektronische Dienstleistungsbeschaffung beschrieben (Abschnitt 4.4).

Den Kern der Arbeit bildeten die Entwicklung und Konzeption eines Metamodells und seiner domänenspezifischen Metamodellerweiterung, eines Referenzprozessmodells, einer integrierten Modellierungsmethode sowie der Harmonisierung und Integration von Serviceprozessen und Serviceobjekten durch E-Business-Lösungen. Die ermittelten, theoretischen Grundlagen dienen dem Verständnis und als Basis für die fortführende Forschungsarbeit.

Das Metamodell *MSP* und die domänenspezifische Metamodellerweiterung *eMSP* wurden durch Teilmodelle, die die einzelnen Modellsichten *Prozesssicht*, *Datensicht*, *Organisationssicht*, *Ressourcensicht* und *Administrationssicht* repräsentieren, mit UML-Klassendiagrammen dargestellt. Sie unterstützen die Beschreibung von Domänenentitäten und führen zum Gesamtverständnis der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung. Die Teilmodelle der domänenspezifischen Metamodellerweiterung *eMSP* dienen der Spezifikation von Sprachkonzepten zur Beschreibung der Syntax und der Semantik einer integrierten Modellierungsmethode zur Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten. Die Teilmodelle der Prozesssicht, Datensicht und der Organisationssicht stellen den Input für die Entwicklung des Referenzprozessmodells *RPSP* dar. Das Teilmodell der Ressourcensicht diente der Beschreibung von industriellen Dienstleistungen, das Teilmodell der Administrationssicht zur Definition der Zielerfassung für die Qualitäts- und Leistungsverbesserung und Kostensenkung. Die domänenspezifische Metamodellerweiterung ermöglichte die Entwicklung von E-Business-Lösungen für die Harmonisierung und Integration von Serviceprozessen und Serviceobjekten auf der Ausführungsebene (siehe *Kapitel 5*).

Im Weiteren wurde die *integrierte Servicemodellierung* (*iServMod*) als Methode zur Unterstützung des Entwurfs von prozessorientierten Informationssystemen entwickelt (siehe *Kapitel 6*). Für die definierten Anforderungen an die domänenspezifische Modellierung und Ausführung von Serviceprozessen und Serviceobjekten und zur Unterstützung der Modellierung von Serviceprozessinstanzen des entwickelten Referenzprozessmodells existierte bisher noch keine integrierte Modellierungsmethode. *iServMod* basiert auf einfachen und höheren Petri-Netzen und ermöglicht die integrierte Modellierung von Serviceprozessen und Serviceobjekten. Ein evolutionäres Vorgehensmodell für die Anwendung von *iServMod* wurde definiert und Modellierungskonzepte (*Sichtenmodell* und *Schichtenmodell*) für die Modellierung von Serviceprozessen eingeführt. *iServMod* ermöglicht die domänenspezifische Modellierung von ablaufrelevanten Prozessobjekten, den Serviceobjekten, auf der Basis des XML-Schema-Modells, um Datenflüsse in elektronischen Serviceprozessen durch eine XML-basierte Modellierung zu unterstützen. Einfache und höhere *Service-Netze* (*SN*) als eine neue Variante von Petri-Netzen wurden eingeführt. Neue formalisierte Erweiterungen von Petri-Netzen für die Modellierung von Serviceprozessen wurden entwickelt. Service-Netze ermöglichen die integrierte Darstellung von kollaborativen Serviceprozessen und relevanten Serviceobjekten und unterstützen die schrittweise Modellierung von semiformalen einfachen Petri-Netzen hin zu formalen, ausführbaren

höheren Petri-Netzen sowie die Modellierung von Geschäftsprozesshierarchien durch Verfeinerungs- bzw. Vergrößerungskonzepte. *Einfache Service-Netze (eSN)* auf der Basis von S/T-Netzen zeichnen sich durch spezifische Stellentypen als Objektcontainer für Serviceobjekte aus. Die Transitionstypen *Serviceprozessphasen* stehen als Platzhalter für Serviceprozessmodule, *Serviceprozessmodule* als Platzhalter für Serviceprozesse, zur Verfügung. *Höhere Service-Netze (hSN)* auf der Basis von XML-Netzen stellen typisierte Serviceobjekte und die domänenspezifische Individualisierung von Marken bereit. Sie bilden den elektronischen Datenfluss in Serviceprozessen auf der Modellierungs- und Ausführungsebene präzise ab. *Serviceprozessphasen* und *Serviceprozessmodule* basieren auf vergrößerten Transitionen: Serviceprozessmodule kapseln transitionsbrandete Serviceprozesse, Serviceprozessphasen wiederum Serviceprozessmodule und Serviceprozesse. Den Transitionstyp *Serviceprozessphase* bestimmen spezifische Prozessmuster mit definierten Input- und Outputstellen. Sie vereinfachen die Modellierung für den Fachanwender und stellen wiederverwendbare generische, Modellierungsartefakte dar. Serviceprozessmodule kapseln kollaborative Serviceprozesse, die die Anforderungen an ein Workflow-Netz erfüllen und unterstützen die kollaborative Modellierung von Fachanwendern durch diese modularen und wiederverwendbaren Modellierungsartefakte. Die Modellierung von Serviceprozessen auf der Ausführungsebene erfolgte durch *Web Service-Netze* als Derivat von höheren Service-Netzen.

Das *Referenzprozessmodell RPSP* beschreibt einheitliche, organisationsübergreifende Prozessabläufe von Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern in Service Chains für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung (siehe *Kapitel 7*). Die Ergebnisse der Analyse und Bewertung bestehender Referenzmodelle und Referenzprozessmodelle für die Dienstleistungsbeschaffung erwiesen sich als mangelbehaftet und unvollständig: Die Modelle werden den definierten Anforderungen an ein Referenzprozessmodell für die Dienstleistungsbeschaffung nicht gerecht, weisen nicht den notwendigen Detaillierungsgrad auf und sind als Informationsmodell zur Entwicklung und Gestaltung von Informationssystemen nur bedingt geeignet. Die Entwicklung des Referenzprozessmodells *RPSP* war notwendig und prägt eine Geschäftsprozesshierarchie mit zwei Modellierungsebenen aus: Die Modellierungsebene E_0 modelliert aggregierte Serviceprozessphasen und ihre Beziehungen zueinander, die Modellierungsebene E_1 beschreibt die einzelnen Serviceprozessphasen durch Serviceprozesse. In das entwickelte Referenzprozessmodell flossen das Experten- und Fachanwenderwissen sowie die Best Practice-Erfahrungen aus der Zusammenarbeit mit Projektpartnern des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts ein.

Die Prozesssimulation als eine Methode zur quantitativen Analyse von Serviceprozessen wurde anschließend aufgegriffen (siehe *Kapitel 8*). Ein *iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation* wurde vorgeschlagen. Für die werkzeuggestützte Modellierung und Simulation der entwickelten Modellierungskonzepte von Serviceprozessen und Serviceobjekten wurde die Erweiterung des Softwarewerkzeugs *Horus* vorgenommen. Das Softwarewerkzeug unterstützt die Modellierung von einfachen und höheren Petri-Netzen. *Horus* wurde um Stellen- und Transitionstypen von Service-Netzen sowie um ein *Modeling Service Repository* mit Serviceprozessmodellen der Modellierungsebenen E_1 und E_2 des Referenzprozessmodells *RPSP* und um XML-Schema-basierte, domänenspezifische Datentypen erweitert. Die in *Horus* implementierte Modellierungsmethode *Asset Oriented*

Modeling-Methode [DM02] unterstützt die Modellierung von Serviceobjekten. Zur Simulation der Serviceprozessmodelle wurde die Simulationsumgebung *Resource Analysis Environment (RAvEN)* als Bestandteil der Modellierungs- und Analyseumgebung eingesetzt. Simulationsexperimente wurden auf der Basis des vorgeschlagenen Vorgehensmodells durchgeführt und die Ergebnisse der Simulationsexperimente dargestellt und bewertet. Die aufgestellten Hypothesen wurden validiert.

Abschließend wurden *E-Business-Lösungen* zur Ausführung elektronischer Serviceprozesse entwickelt: Die *Harmonisierungslösung* basiert auf einer Erweiterung des Klassifikationsstandards *eCl@ss*, die *Integrationslösung eBusiness for Services XML (eBuS-XML)* ist ein XML-basiertes Datenaustauschformat für die Beschreibung von Schnittstellen (siehe *Kapitel 9*). Die existierenden E-Business-Standards am Markt weisen Defizite in Lösungen für die Anforderungen elektronischer Serviceprozesse auf. Sie sind auf die sachgüterorientierte Beschaffung fokussiert und werden den definierten Anforderungen an die Dienstleistungsbeschaffung nur bedingt gerecht. Die Harmonisierungslösung der Klassifikationsstruktur für industrielle Instandhaltungsdienstleistungen wurde entwickelt und ihre Anwendung im Zusammenhang mit dem neuen Datenmodell von *eCl@ss* aufgezeigt. Die *Integrationslösung eBuS-XML* wurde neu entwickelt und ihre Komponenten beschrieben: Das XML-Schema *eBusiness Service library (eBuSlib)* bildet eine erweiterbare, zentrale Bibliothek an Datentypen ab, die von allen weiteren XML-Schemata referenziert wird. *eBusiness for Catalogues (eBuScat)* definiert ein Katalogaustauschformat für Dienstleistungen. *eBusiness for Service exchange (eBuSxchange)* legt ein dienstleistungsspezifisches Containerformat fest. *eBusiness for Service transactions (eBuStrans)* stellt Geschäftsdokumententypen vor. *eBusiness for Service collaborations (eBuScollab)* beschreibt Serviceorientierte Schnittstellen. Die technologische Anwendung der Harmonisierungs- und Integrationslösung ließen sich anhand konkreter technologischer Anwendungen in Szenarien der betrieblichen Praxis aufzeigen und bewerten. Die entwickelten E-Business-Lösungen wurden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts durch Anwendungsfälle evaluiert und die Ergebnisse im Rahmen dieser Arbeit detailliert präsentiert.

10.2 Abschließende Bewertung

Die Entwicklung der vorgestellten Lösungsansätze für die Dienstleistungsbeschaffung wird abschließend bewertet. In den jeweiligen Hauptkapiteln wurden bereits detaillierte Bewertungen vorgenommen.

Das Ziel der Arbeit, Methoden, Modellen und E-Business-Lösungen zur Unterstützung der Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme für eine durchgängige, elektronische industrielle Dienstleistungsbeschaffung zu entwickeln, wurde erreicht. Die Modellierung von Geschäftsprozessen und Prozessobjekten prozessorientierter Informationssysteme (*design time*) wurde durch eine präzise, integrierte Modellierungsmethode verbessert. Eine effiziente, performante und kostengünstige Ausführung von elektronischen Geschäftsprozessen mit hoher Qualität (*run time*) für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung wurde ermöglicht. Hierfür wurden geeignete Ansätze auf der Modellierungs- und Ausführungs-

ebene sowie deren domänenspezifische Anwendung für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung unter Berücksichtigung von Best Practice-Erfahrungswissen identifiziert und entwickelt. Die entwickelten Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen für die industrielle Dienstleistungsbeschaffung weisen allerdings noch Schwachstellen auf und lösen nicht alle bestehenden Probleme.

Das vorhandene Erfahrungswissen von Domänenexperten wurde für eine präzise, formale Beschreibung von Entitäten in der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung bisher nur unzureichend und auf informale Weise expliziert. Die Entwicklung des Metamodells *MSP* und der Metamodellerweiterung *eMSP* berücksichtigen diese Defizite und arbeiten diese vorhandenen Mängel explizit auf. Das Metamodell *MSP* und die domänenspezifische Metamodellerweiterung *eMSP* unterstützen das Verständnis der Domäne Dienstleistungsbeschaffung und definieren die zu berücksichtigenden Entitäten. Das Metamodell und die Metamodellerweiterung sind generell um zusätzliche Klassen zur Beschreibung von Entitäten anpassbar und erweiterbar. Für das Metamodell und die domänenspezifische Metamodellerweiterung wurden durch Expertenbefragungen und empirische Untersuchungen, durch wissenschaftliche Literaturanalyse und durch den Vergleich von verwandten Ansätzen relevante Modellierungsaspekte und wichtige Begriffe bestimmt und in betrieblichen Anwendungsfällen validiert. Es wurde aufgezeigt, dass ähnlich verwandte Ansätze in der wissenschaftlichen Literatur keinen so umfassenden, formalen Ansatz mit Fokus auf die industrielle Dienstleistungsbeschaffung entwickeln. Das Metamodell *MSP* und die domänenspezifische Erweiterung *eMSP* lassen sich durch die Qualitätsmerkmale *Korrektheit*, *Vollständigkeit*, *Rückverfolgbarkeit*, *Genügsamkeit*, *Verständlichkeit* und *Redundanzfreiheit* [RS97] beurteilen. Die Modelle unterliegen zeitlichen Änderungen in der Domäne, die zukünftig einen Einfluss haben. Die Vollständigkeit wurde durch die Anwendung der Modelle als Basis für die weiteren entwickelten Ansätze und deren Anwendung in betrieblichen Anwendungsfällen validiert. Jedoch kann sie nicht verifiziert und formal bewiesen werden, da das Modell als Abstraktion der Realität nur einen Teilausschnitt modelliert. Die Qualitätsmerkmale wurden auf der Grundlage von Erfahrungswissen, Expertenbefragungen, Literaturrecherche und empirischen Untersuchungen und Validierung in betrieblichen Anwendungsfällen und durch den Einsatz von Softwarewerkzeugen bewertet. Die entwickelten Modelle genügen den definierten Anforderungen, sind formal verständlich und durch eine eindeutige Syntax beschrieben. Die Korrektheit ist durch die Verwendung von etablierten Modellierungsregeln und Entwurfsmustern gegeben. Modellinstanzen der domänenspezifischen Metamodellerweiterungen wurden syntaktisch verifiziert und im Rahmen von Expertenbefragungen und Datenerhebungen validiert.

Für die Modellierung von Instanzen des Referenzprozessmodells fehlte bislang eine Methode zur domänenspezifischen, integrierten Modellierung. Vorhandene Geschäftsprozessmodellierungssprachen bieten keine ausreichende Unterstützung. Das vorgeschlagene *evolutionäre Vorgehensmodell* unterstützt Domänenexperten und Fachanwender, indem es die Anwendung der integrierten Modellierungsmethode *iServMod* in den Phasen Modellierung, Modellanalyse und Implementierung beschreibt und definiert. Das Vorgehensmodell wurde im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts von räumlich oder organisatorisch verteilten Modellierern und Fachanwendern kollaborativ zur Erstellung von Serviceprozessmodellen eingesetzt. Die entwickelte integrierte Modellierungsme-

thode *iServMod* offeriert als explizit ausgeprägte, umfassende und flexible Möglichkeit zur Beschreibung domänenspezifischer Sprachkonzepte effiziente und verbesserte Erweiterungen für die domänenspezifische Modellierung. *iServMod* sieht eine hierarchische Modellierungsweise vor und führt die *top-down*-Modellierung über mehrere Hierarchiestufen hinweg aus. Die entwickelte einheitliche, integrierte Modellierungsmethode unterstützt einerseits die Modellierung von Serviceprozessmodellen in der Analyse- und Modellierungsphase und andererseits ihre Ausführung in der Ausführungsphase [Ob96a] explizit in domänenspezifischer Art und Weise. Um die Vorteile einer existierenden, formalen Geschäftsprozessmodellierungssprache zu nutzen, werden Petri-Netze für die Definition der integrierten Modellierungsmethode verwendet. Zusätzliche, syntaktische, domänenspezifische Modellierungserweiterungen werden definiert, ohne jedoch die Semantik und Eigenschaften von Petri-Netzen zu verändern. Service-Netze können auf B/E-Netze abgebildet werden, wodurch alle bekannten Struktureigenschaften von B/E-Netzen erhalten bleiben. Prinzipiell sind auch alle entsprechenden Strukturanalysen möglich. Die Modellierung von nebenläufigen, d. h. voneinander unabhängig ablaufenden und sich nicht kausal abhängigen Serviceprozessinstanzen als spezifische Eigenschaft von Petri-Netzen, ist abbildbar. Serviceprozessmodelle lassen sich schrittweise in Gruppen von Modellierungssprachen unterschiedlicher Formalisierungsstufen überführen. Unterschiedliche Formalisierungsstufen von Modellierungssprachen werden durch einfache und höhere Petri-Netz-Varianten gebildet. *Einfache Service-Netze* auf der Basis von einfachen Petri-Netzen (S/T-Netze), *höhere Service-Netze* auf der Basis von höheren Petri-Netzen (XML-Netze) werden definiert. XML-Netze ermöglichen die integrierte Darstellung von Geschäftsprozessen (*Serviceprozesse*) und domänenspezifischen Prozessobjekten (*Serviceobjekte*). *iServMod* berücksichtigt Aspekte der Formalisierung, Simulierbarkeit und Operationalisierbarkeit. Die entwickelten Service-Netze werden aufgrund ihrer formalen Definitionsgrundlage nicht nur zur konzeptuellen Modellierung, sondern auch als simulationsfähige und ausführbare Serviceprozessmodelle verwendet. Die Anwendung von *iServMod* lässt sich auf andere Domänen übertragen, da die syntaktischen Modellierungserweiterungen zur Hierarchisierung und Modularisierung generisch einsetzbar sind. Die Datenschemata müssen dem jeweiligen Domänenkontext angepasst werden. Die Modellierungsmethode der integrierten Servicemodellierung gestaltet sich intuitiv für Anwender mit geringen Modellierungskenntnissen sowie für erfahrene Domänenexperten und Fachanwender. Zur Stärkung der Benutzerfreundlichkeit der integrierten Modellierungsmethode wurden bekannte syntaktische Sprachkonzepte mit verständlicher grafischer Darstellung integriert, um die Erlernbarkeit zu fördern. Ein angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen der Modellierung von Serviceprozessmodellen ist trotz Benutzerfreundlichkeit und Verständlichkeit nicht immer gegeben. Genaue Abschätzungen sind erst nach weiteren Untersuchungen und der Durchführung von Benutzerakzeptanztests möglich. Die Modellierung komplexer Serviceprozessmodelle auf der Basis von höheren Service-Netzen erfordert domänenspezifisches und modellierungstechnisches Erfahrungswissen, das sich in einem zeitlichen Aufwand niederschlägt. Die integrierte Modellierungsmethode *iServMod* eignet sich zur Modellierung für Fachanwender. Für ungeschulte Anwender können die erstellten Serviceprozessmodelle in semiformale, anwenderfreundliche Geschäftsprozessmodelle mit Hilfe von Modellierungssprachen wie bspw. EPK transformiert werden. Das Vorgehensmodell und

die integrierte Modellierungsmethode haben sich in zukünftigen Modellierungsprojekten zu beweisen.

Das Referenzprozessmodell *RPSP* strukturiert die Prozessabläufe in der Dienstleistungsbeschaffung. Innerhalb der vorgegebenen Geschäftsprozesshierarchie werden Serviceprozessphasen, Serviceprozesse und Schnittstellen definiert. Einstiegspunkte für vordefinierte Prozessabläufe (*Dienstleistungsbeschaffungstypen*), die in der betrieblichen Praxis gelebt werden, sind ebenso durch das Modell abgebildet. Als Informationsmodell bietet es die Vorlage für die Implementierung von Serviceprozessen in prozessorientierte Informationssysteme. Die berücksichtigten Entitäten des Referenzprozessmodells sind mit dem Metamodell und der domänenspezifischen Metamodellerweiterung konform. Der Vergleich existierender Referenzmodelle zeigte auf, dass Prozessabläufe in der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung bisher nur unzureichend und unstrukturiert in Referenzmodellen und Referenzprozessmodellen abgebildet sind. Die Qualitätsmerkmale Vollständigkeit, Korrektheit, Verständlichkeit und Redundanzfreiheit wurden auf der Grundlage von Erfahrungswissen, Expertenbefragungen und dem Einsatz von Softwarewerkzeugen bewertet. Im Rahmen von Expertenbefragungen, empirischen Untersuchungen und wissenschaftlicher Literatur zu verwandten Ansätzen wurden relevante Modellierungsaspekte bestimmt, die in das Referenzprozessmodell eingeflossen sind und es aus dieser Perspektive vollständig beschreiben. Da sich die Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung im Laufe der Zeit ändert, unterliegt das Referenzprozessmodell Veränderungen. Eine allgemeine und permanente Vollständigkeit des Modells ist nicht möglich. Die entwickelten Modelle genügen den definierten Anforderungen, sind formal verständlich und durch eine eindeutige Syntax beschrieben. Modellinstanzen der domänenspezifischen Metamodellerweiterungen wurden syntaktisch verifiziert und im Rahmen von Expertenbefragungen und Datenerhebungen validiert. Durch die Verwendung der integrierten Modellierungsmethode *iServMod* zur Modellierung von Modellinstanzen lässt sich die Qualität der modellierten Prozessinstanzen evaluieren. Das Referenzprozessmodell wurde quantitativen Analysemethoden unterzogen. Qualitative Analysemethoden wie die Geschäftsprozesssimulation zur Validierung wurden angewendet.

Die werkzeuggestützte Modellierung von Service-Netzen wird durch den entwickelten *ServiceProzess-Editor (SP-Editor)* als Erweiterung von *Horus* ermöglicht. Das Modellierungswerkzeug stellt die entwickelten Sprachkonzepte für Modellierer bereit und bietet im Modeling Service Repository die modellierten Serviceprozesshierarchieebenen E_1 und E_2 des Referenzprozessmodells als initiale, domänenspezifische Modellierungsunterstützung dem Modellierer an. Serviceobjekte können aus vordefinierten XML-Schemata verwendet bzw. neu erstellt werden. Der *SP-Editor* unterstützt die Vorgehensweise der integrierten Servicemodellierung von der Projektplanung bis zur Ausführung und dem Monitoring von Serviceprozessmodellen in Modellierungsprojekten. Das *iterative Vorgehensmodell für die Prozesssimulation* verknüpft die Vorteile existierender Ansätze aus der wissenschaftlichen Literatur und wurde in ersten Simulationsexperimenten angewandt. Die Simulierbarkeit und Operationalisierbarkeit von *iServMod* ließen sich durch die Durchführung verschiedener Simulationsexperimente auf der Basis einfacher Service-Netze mit der Simulationsumgebung *RAvEN* nachweisen. Anwender- und Expertenwissen aus historischen Daten von Anwendungsfällen aus der betrieblichen Praxis stand zur Verfügung, sodass aus Ser-

viceprozessmodellen Simulationsmodelle erstellt und in Simulationsexperimenten simuliert wurden. Unter vereinfachten Annahmen und unter der Berücksichtigung von Grenzen der Simulation wurden erste Erkenntnisse für die Performanz von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten gewonnen. Die Ergebnisse der Simulationsexperimente erlaubten a priori Abschätzungen für den späteren Einsatz der E-Business-Lösungen, indem durch wiederholte Simulationsexperimente unter systematischer Parametervariation eine Untersuchung unterschiedlicher Prozessvarianten durchgeführt wurde. Die durchgeführten Simulationsexperimente bestätigten die Verbesserungen von Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten. Die Simulation stellt kein formales Beweisverfahren dar, sondern eine empirische Untersuchung. Die Qualität der Simulationsergebnisse ist abhängig von der Güte des Simulationsmodells und der Simulationsmodellparametrisierung. Die verwendeten Simulationsmodelle wurden vorab durch Domänenexperten geprüft und die sinnvollsten Simulationsmodellvarianten simuliert. Ein genereller Nachteil von simulierten Prozessdaten mit Service-Netzen besteht darin, dass nicht der reale Geschäftsprozess analysiert wird, sondern sein Modell. Der resultierende Informationsverlust beeinflusst das Ergebnis eines Simulationsexperiments. Diese Abweichung bestimmt, inwieweit das Resultat eines Simulationsexperiments mit dem Ergebnis der realen Prozessausführung korreliert, also wie präzise eine Vorhersage auf Simulationsbasis ist.

Die entwickelten *E-Business-Lösungen* werden in der Domäne der industriellen Dienstleistungsbeschaffung für den Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus verwendet. Im Fokus stehen industrielle Instandhaltungsdienstleistungen mit oder ohne materielle Leistungskomponenten. Die *Harmonisierungslösung* erfasst Dienstleistungen der Instandhaltung. Sie basiert auf dem international anerkannten Klassifikationssystem eCl@ss und bildet eine Erweiterung. Erstmals definiert die Harmonisierungslösung eine Klassifizierung von industriellen Dienstleistungen der Instandhaltung. Merkmale zur Beschreibung der Dienstleistungen wurden bestimmt. Damit wird eine vollständige Beschreibung von Dienstleistungen durch eine elektronische Abbildung und eine automatisierte Weiterverarbeitung in Informationssystemen ermöglicht. Dienstleistungen der industriellen Instandhaltung werden hierarchisch angeordnet und eindeutig identifiziert. Die eindeutige Beschreibung eröffnet neue Analyse- und Anwendungsmöglichkeiten, schafft Konsistenz und Einheitlichkeit. Die Harmonisierungslösung wurde bereits im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts integriert und mit dem offiziellen Release eCl@ss 7.1 veröffentlicht sowie den Unternehmen zur Verfügung gestellt. Ihre Marktakzeptanz wird sich im Laufe der nächsten Jahre durch die Anwendernutzung beweisen müssen. Die *Integrationslösung eBuS-XML* unterstützt industrielle Dienstleistungen und integriert die existierenden E-Business-Standards wie Katalogformate, Transaktionsstandards oder Prozessstandards. *eBuS-XML* lehnt sich an die bestehenden E-Business-Standards an und wurde um neue Elemente erweitert. Sie löst die Komplexität der Vielzahl verschiedener, existierender Standards und deren komplizierte Datentypen und deren Verwendung auf. Die Integrationslösung beschreibt Schnittstellen zwischen Dienstleistungsanbietern und Dienstleistungsnachfragern und besitzt eine größere Ausdrucksmächtigkeit als rein materialbezogene Schnittstellen. Sie lässt sich auf andere Domänen, Branchen, Dienstleistungen und Kollaborationspartner übertragen und anwenden. Die Implementierung der Integrationslösung basiert auf XML-basierten Schnittstellenbeschreibungen für einen statischen und einen

dynamischen Datenaustausch. Die Integrationstopologien für die Umsetzung der Integrationslösung, die *Punkt-zu-Punkt-Integration* (Schnittstellen für Datenformate und Dokumententypen) und die *bus-orientierte Integration* (SOA-spezifische Schnittstellen) werden unterstützt. *eBus-XML* definiert und beschreibt einheitliche statische und dynamische Schnittstellen für Geschäftsdokumententypen, Produktkataloge sowie Nachrichtentypen für Service-orientierte Architekturen und WSDL-Schnittstellen. Statt einer Vielzahl unterschiedlicher Datenaustausch- und Schnittstellenformate ist ausschließlich *eBus-XML* zur Beschreibung aller Schnittstellentypen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung einsetzbar. *eBus-XML* lässt sich in einfacher Weise anpassen, z. B. durch Transformationsregeln für das Mapping existierender E-Business-Standards. Die entwickelten Datenaustauschformate integrieren sich in bestehende Infrastrukturen²⁵⁸. Die Integrationslösung *eBus-XML* lässt sich durch den modularen Aufbau und die Referenzierung des XML-Schemas *eBusLib* um Datentypen flexibel erweitern. *eBus-XML* fördert eine Integration flexibler Architekturen durch Service-orientierte Architekturen mit Webservices. Eine erste Evaluierung erfolgte durch praxisnahe Anwendungsfälle in der Domäne der Instandhaltung und die Verbesserung der Leistungsfähigkeit wurde durch empirische Prozessmessungen belegt. Eine Verbesserung der Performanz wurde nachgewiesen, sie muss aber nicht repräsentativ für eine allgemeingültige Aussage angesehen werden. Weitere Evaluierungen sind notwendig, um am Beispiel der industriellen Dienstleistungsbeschaffung die E-Business-Readiness zu manifestieren und ebenso weitere Dienstleistungsdomänen zu erfassen. Die zukünftige Verwendung und Marktetablierung der Integrationslösung *eBus-XML* wird vor große Hürden gestellt. Eine Erweiterung existierender Ansätze von E-Business-Standards, die am Markt etabliert sind, lässt sich auch aus marktwirtschaftlichen Gründen nicht ohne Weiteres umsetzen. Die Entwicklung und Etablierung eines eigenständigen E-Business-Standards stellt sich als langfristige Herausforderung dar und fordert finanziell und ressourcentechnisch einen hohen Aufwand. Die Defizite und Probleme existierender Standards wurden aufgezeigt, dennoch sind sie weitestgehend etabliert und bei Unternehmen bekannt. Neue Ansätze wie auch diese entwickelte und vorgestellte Integrationslösung haben eine hohe Markteintrittsbarriere wegen der fehlenden Unterstützung seitens der Industrie, um sich durchsetzen zu können. Die Integrationslösung fordert für das Mapping existierender E-Business-Standards Transformationsregeln bspw. mit Hilfe von XSLT ein, die erst entwickelt werden müssen. Beide entwickelten E-Business-Lösungen unterstützen die Verbesserung von Geschäftsprozessen durch eine einheitliche Beschreibung von Leistungsdaten in der Beschaffung und berücksichtigen den Beschaffungsprozess von der Spezifikation bis zur Abrechnung. Der Schwerpunkt der Beschreibung liegt auf einer formalen, strukturierten Syntax („Wie“). Die Semantik von Dienstleistungen („Was“) wird unterstützt. Bislang gibt es nur wenige Ansätze (z. B. *STLB-Bau*), die eine einheitliche Semantik für Dienstleistungen vorgeben. Der Einsatz der E-Business-Lösungen harmonisiert und integriert die beteiligten Prozesspartner, da sie sich auf eine vereinheitlichte Lösung bzw. einen Standard einigen. Die E-Business-Lösungen sind für

²⁵⁸ Die Integration der entwickelten Datenschemata wurde in einer SAP-Referenzumgebung mit SAP PI 7.1 getestet. *SAP Process Integration (SAP PI)* ist als Bestandteil des SAP NetWeaver eine Middleware-Komponente, die als eine proprietäre SOA-Implementierung den Datenaustausch zwischen SAP und Fremdsystemen ermöglicht.

zusätzliche Anwendungsdomänen erweiterbar. Weitere Dienstleistungsarten können auf der Basis der entwickelten Klassifikationsstruktur der Harmonisierungslösung adaptiert und abgebildet werden.

Die entwickelten Ansätze bauen auf dem technischen Standard XML auf oder lassen sich in ihn überführen. XML stellt einen allgemein anerkannten Standard zum Daten- und Dokumentenaustausch dar und ist für überbetriebliche Wertschöpfungsstrukturen geeignet. Die Nutzung der entwickelten Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen zeigte qualitative und quantitative Vorteile gegenüber den bestehenden Ansätzen. Die Qualität von Dienstleistungen und die Qualität in der Dienstleistungsbeschaffung lassen sich durch ihre konstitutiven Gestaltungsdimensionen *Potenzialqualität*, *Prozessqualität* und *Ergebnisqualität* [Do80] bemessen. Die entwickelten Methoden, Modelle und E-Business-Lösungen verfügen über diese Qualitätsdimensionen. Das Referenzprozessmodell und die integrierte Modellierungsmethode tragen zur Verbesserung der *Prozessqualität* bei. Das Metamodell und die domänenspezifische Metamodellerweiterung, das Referenzprozessmodell und die E-Business-Lösungen als Ressourcen für die Entwicklung prozessorientierter Informationssysteme verbessern die *Potenzialqualität*. Die verbesserte *Ergebnisqualität* weist die Leistungsverbesserung bei den Anwendungsfällen und den empirischen Messdaten nach. Die entwickelten Ansätze wurden durch Anwendungsfälle aus der betrieblichen Praxis, durch die empirisch erfassten Prozessmessungen im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts und durch die vorab durchgeführten Simulationsexperimente validiert. Die Verbesserung der Qualitätsdimensionen wurde durch einen Vorher-Nachher-Vergleich empirisch untersucht. Die Ergebnisse der Simulation korrelieren mit den empirischen Messdaten. Dies bestätigt, dass die prognostizierten Verbesserungen der Performanz valide sind und vor der kostenintensiven Implementierung neuer Prozessvarianten bereits ex ante eine präzise Vorhersage von Verbesserungspotenzialen durch die Simulation erfolgen kann.

10.3 Ausblick

Auf der Basis der gewonnenen Ergebnisse aus den entwickelten Lösungsansätzen ergeben sich weiterführende Forschungsarbeiten. Die Praxistauglichkeit wurde exemplarisch nachgewiesen, für den uneingeschränkten Einsatz in Unternehmen sind noch weitere Praxisevaluierungen erforderlich. Insbesondere muss sich die Robustheit der Ansätze in zukünftigen Anwendungen beweisen. Durch weitere Umfragen mit Fachanwendern und Experten sind Akzeptanz und Anwendbarkeit der Modelle zu evaluieren. Auch wenn im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich die Beschaffung von industriellen Dienstleistungen bzw. Instandhaltungsdienstleistungen durch das Metamodell und die domänenspezifische Metamodellerweiterung konkretisiert wurden, ist eine spätere Erweiterbarkeit zur Detaillierung von weiteren Dienstleistungsdomänen und Wertschöpfungsprozessstypen gegeben und kann analog vorgenommen werden. Das Metamodell ist erweiterbar gestaltet und ermöglicht zusätzliche domänenspezifische Modellerweiterungen. Künftig ist daher zu überprüfen, ob weitere Dienstleistungsarten und Wertschöpfungsprozessstypen bereits mit dem Metamodell oder der domänenspezifischen Modellerweiterung erfasst sind oder hierfür zusätzliche Modellerweiterungen definiert werden müssen. Für erweiterte und automatisierte Analyse mög-

lichkeiten von Informationssystemen und für die Entwicklung von Softwaregeneratoren zur Unterstützung der Dienstleistungsbeschaffung bietet sich die Implementierung eines Softwareprototyps zur Unterstützung des Metamodells an. Das Referenzprozessmodell *RPSP* ist weiteren Evaluierungen in der betrieblichen Praxis zu unterziehen, um die charakteristischen Merkmalseigenschaften Allgemeingültigkeit und Empfehlungscharakter zu manifestieren. Das Referenzprozessmodell kann durch eine Verfeinerung der Modellierungsebene E_1 erweitert werden. Durch weitere Anwendungsfälle können hierzu detaillierte Beschaffungsprozesse in Unternehmen evaluiert und einheitliche Best Practice-Abläufe im Referenzprozessmodell abgebildet werden. Die integrierte Modellierungsmethode *iServMod* wurde im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts experimentell zur Modellierung der Serviceprozessmodelle angewandt. Die Vollständigkeit der Spezifikation und die Benutzerfreundlichkeit der Modellierungsmethode können bspw. über eine Benutzerumfrage detaillierter bewertet werden. Die Anwendung von *iServMod* sollte im Zuge eines größeren Modellierungsprojekts mit verteilten Prozessexperten durchgeführt werden, um ihre praktische Anwendung effektiv zu bewerten. Die Ergebnisse der Simulationsexperimente zeigen das Verbesserungspotenzial durch den Einsatz der entwickelten E-Business-Lösungen auf. Es wurde das zeitliche Ablaufverhalten untersucht. Jedoch sind weitere Simulationsexperimente für präzise Analysen und detailliertere Ergebnisinterpretationen notwendig. So empfehlen sich weitere Simulationsexperimente zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für einen effizienteren Ressourceneinsatz in Serviceprozessen. Weiterführende Implementierungsarbeiten ergeben sich durch Anforderungen, die an das prototypische Softwarewerkzeug gestellt, aber nicht erfüllt wurden. So könnte der *SP-Editor* für Service-Netze im nächsten Entwicklungsschritt in die Modellierungs- und Analyseumgebung *RAvEN* eingebettet werden. Erweiterungsmöglichkeiten ergeben sich auch durch eine zusätzliche Anpassung oder Ergänzung von Diensten wie Protokollinformationen, um weitere Kennzahlen auswerten zu können. *eBuS-XML* bietet verschiedene Ansatzmöglichkeiten zur Erweiterung. Der modulare Aufbau und die flexible Erweiterungsmöglichkeit gestatten eine *horizontale* als auch *vertikale Diversifikation*. Eine horizontale Diversifikation fügt neue Dienstleistungsdomänen und Dienstleistungsarten hinzu, eine vertikale Diversifikation bietet Optionen zur Erweiterung der Datentypenbibliothek (*eBuSlib*) und der Anwendung für andere Teile der Wertschöpfungskette. Die Praxistauglichkeit der E-Business-Lösungen wird sich im Einsatz erweisen. Es sind weitere Evaluierungen durch die Verwendung der E-Business-Lösungen in Informationssystemen notwendig. Die Transformierbarkeit der Integrationslösung *eBuS-XML* zu existierenden E-Business-Standards kann durch Transformationsspezifikationen implementiert werden. Geplant sind Transformationsspezifikationen zur Abbildung von *eBuS-XML* auf *GAEB DA XML*, *openTRANS* und *BMEcat*. Im Rahmen des Forschungstransfer- und Standardisierungsprojekts wurden prototypische Implementierungen des Referenzprozessmodells und der E-Business-Lösungen auf der Basis des *On-Premise-Nutzungsmodells*²⁵⁹ mit heutigen Standardlösungen durchgeführt. Die technische Implementierung der elektronischen Dienstleistungsbeschaffung (*Service E-Procurement*) lässt sich mittels neuer Tech-

²⁵⁹ Während beim Nutzungsmodell *On-Premise* Softwareapplikationen auf der vom Softwareanwender eingesetzten Hardware betrieben wird, bietet beim *On-Demand-Nutzungsmodell* der Softwareanbieter seine Softwareapplikationen über Internet bzw. per Software-as-a-Service (SaaS) an.

nologien wie *Cloud Computing* [BKN+09] aber auch durch *Software-as-a-Service (SaaS)*-Lösungen (*On-Demand-Nutzungsmodell*) umsetzen. Die Überführung der Integrationslösung in einen neuen industriellen E-Business-Standard zur Beschreibung von dienstleistungsspezifischen Schnittstellen könnte forciert und ein Lizenzmodell für die offizielle Verwendung des Standards entwickelt werden. Hierzu müsste die Entwicklung eines Standards gefördert werden. In Bezug auf den Einsatz von Standards gibt es beträchtliche Unterschiede zwischen kleinen und großen Unternehmen: Während fast zwei Drittel der Industrieunternehmen und knapp die Hälfte der mittelständischen Unternehmen Standards nutzen, liegt der Anteil bei den kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten bei 16 Prozent [SFS+10]. Lock-in-Effekte, Markteintritts- und Marktaustrittsbarrieren sowie die Angst vor möglichen Flexibilitätsverlusten und Differenzierungsmöglichkeiten müssten überwunden, eine Vertrauensbasis aufgebaut und die Nutzerakzeptanz verbessert werden. Die Integrationslösung müsste in die betriebliche Anwendung überführt werden.

Die Entwicklung von *semantischen Ansätzen* könnten das Metamodell, die integrierte Modellierungsmethode und die E-Business-Lösungen unterstützen. Eine domänenspezifische *Ontologie* wäre in der Lage, die Semantik des Metamodells zu beschreiben und die semantische Kompatibilität von Modellierungserweiterungen zu verbessern. Semantische Ansätze könnten außerdem die Vergleichbarkeit von industrieller Dienstleistungsbeschreibungen und dienstleistungsspezifischen Stammdaten vereinfachen. Eine definierte Semantik durch eine Ontologie mit der festen Basis einer definierten Logik durch Ansätze des *Reasoning* [Ma06] würde die Bedeutung und Beschreibung von Dienstleistungsbeschreibungen vereinfachen und das gemeinsame Verständnis zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnachfrager verbessern. Passende Empfehlungen ließen sich für den Dienstleistungsnachfrager ableiten.

Fortführende Forschungsaktivitäten, die über die erarbeiteten Ergebnisse hinausgehen, bieten weitere zielführende Ansätze. Im Bereich der Dienstleistungsbeschaffung wird die *quantitative und qualitative Bewertung von Dienstleistungsanbietern* zunehmend bedeutender [BME13]. Existierende E-Procurement-Tools unterstützen die Bewertung von Dienstleistungsanbietern noch nicht ausreichend. Eine Bewertung ist jedoch die Grundlage für ein strukturiertes Bewertungsmanagement für effiziente Beschaffungsprozesse. Hierfür sind Kennzahlen zu definieren, neue Methoden zu entwickeln und in Softwarewerkzeuge zu implementieren, um Einsparpotenziale zu identifizieren. Die *Dienstleistungsproduktivität* als grundlegender Faktor der volkswirtschaftlichen Leistungsfähigkeit stellt eine zentrale Herausforderung für das Dienstleistungsmanagement dar und wird dennoch vernachlässigt [BH11, GO04, HBC+09, HGS+11, HGG+12]. Bewährte Produktivitätskonzepte und Messinstrumente aus der Sachgüterindustrie sind für die Erfassung von Dienstleistungsproduktivität nicht einfach zu übernehmen, da die Theorien und Modelle zur Sachgüterindustrie die Besonderheiten von Dienstleistungen nicht berücksichtigen oder gar ausschließen (z. B. Immaterialität der „Ware“, der Kunde als externer Faktor, höhere Wertigkeit von Humankapital) [HGG+12]. Die Produktivität von Dienstleistungen ist eine zentrale Steuerungsgröße für Dienstleistungsunternehmen und es ist für Unternehmen ein essenzielles Anliegen, Instrumente zur Erfassung von Dienstleistungsproduktivität zu installieren. Die Herausforderung besteht darin, schwer messbare Faktoren, wie z. B. Kreativität, Wissen, Motivation von Mitarbeitern und Kunden, zu erfassen und zu bewerten. Eine der strategi-

schen Perspektiven der Dienstleistungsproduktivität wie der organisatorischen, kundenorientierten oder der makroökonomischen Perspektive, ist die *technologische Perspektive*, die Betrachtung der Steigerung der Dienstleistungsproduktivität durch Technologieeinsatz, die eine wichtige Rolle spielt [HGG+12]. Die Steigerung von Dienstleistungsproduktivität in der Dienstleistungsbeschaffung durch Technologieeinsatz ist eingehend zu betrachten [LNM11]. Praxisgerechte Methoden und Instrumente zur Messung, Bewertung und Verbesserung der Dienstleistungsproduktivität sind zu erarbeiten und zu erproben.

Die wirtschaftlichen Potenziale von Konzepten, die die Integration von Produkt und Dienstleistung unterstützen, werden bislang nur selten ausgeschöpft. Ganzheitliche Ansätze, die auch die technische Unterstützung von Dienstleistungen berücksichtigen, sind zu verfolgen. Es müssen neue Geschäftsmodelle für hybride Dienstleistungen, die in neuen Wertschöpfungsarchitekturen eingebunden sind, entwickelt werden [BMBF13]. Durch einheitliche Rahmenbedingungen und effiziente Verfahren lassen sich Entwicklungspotenziale im Servicemanagement ausschöpfen. Vor diesem Hintergrund kann die Entwicklung von europäischen Normen und Standards im Dienstleistungsbereich beitragen, einen einheitlichen europäischen Binnenmarkt zu schaffen, um Handelshemmnisse abzubauen, Transparenz und Vergleichbarkeit zu schaffen und die internationaler Harmonisierung und den Handel mit Dienstleistungen zu vereinfachen [BMWi13]. 2013 trat das europäische Normungspaket in Kraft, um die marktorientierte Dienstleistungsstandardisierung weiter auszubauen [DIN14]. Das Vorantreiben der Forschung und Entwicklung von *technischen Dienstleistungsstandards* und deren Standardisierungspotenziale können zukünftig wertvolle Beiträge leisten, um Interoperabilität über standardisierte Schnittstellen sicherzustellen, Adaptionkosten zu reduzieren und Skaleneffekte zu generieren.

Anhang A: Anwendungsfälle

<i>Nr.</i>	<i>IM</i>	<i>IT</i>	<i>DLBT</i>	<i>DLAT</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Kollaborationspartner</i>
1	<i>Wartung</i>	präventiv	DT ₁	Projekt	Wartung einer Lüftungsanlage	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
2	<i>Inspektion und Instandsetzung</i>	präventiv, korrektiv	DT ₁	Projekt	Inspektion und Instandsetzung von lufttechnischen Ausrüstungen in Gebäuden	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
3	<i>Instandsetzung (Einzelauftrag)</i>	korrektiv	DT ₄	Einzelmaßnahme	Austausch von Containern in der Entsorgung	Entsorgungsdienstleister (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
4	<i>Instandsetzung (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₂	Kleinauftrag	Bereitstellung und Abholung von Behältersystemen im Rahmen einer Werksentsorgung	Entsorgungsdienstleister (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
5	<i>Wartung (Einzelauftrag)</i>	präventiv	DT ₄	Einzelmaßnahme	Materialbereitstellung und Logistik im Bereich Gebäudemanagement im Rahmen einer Wartung	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
6	<i>Wartung (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₂	Kleinauftrag	Reinigung und Wartung eines Trockenlüfters	Dienstleister Reinigungstechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
7	<i>Wartung (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₃	Einzelmaßnahme	Wartung und Inspektion einer Feuertüre	Dienstleister Metall- und Elektrotechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Chemiebranche
8	<i>Instandsetzung (Rahmenvertrag)</i>	korrektiv	DT ₁	Kleinauftrag	Instandsetzung einer zweiflügeligen Feuertüre	Dienstleister Metall- und Elektrotechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Chemiebranche
9	<i>Instandsetzung (Einzelauftrag)</i>	korrektiv	DT ₃	Einzelmaßnahme	Instandsetzung eines Stahlgerüsts im Rahmen eines Kleinprojekts	Dienstleister Metall- und Elektrotechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Chemiebranche
10	<i>Inspektion (Rahmenvertrag)</i>	präventiv, korrektiv	DT ₃	Einzelmaßnahme	Fernüberwachung und Kontrolle einer Photovoltaikanlage	Dienstleister Energietechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
11	<i>Instandsetzung (Rahmenvertrag)</i>	korrektiv	DT ₂	Kleinauftrag	Instandsetzung einer Photovoltaikanlage	Dienstleister Energietechnik (KMU) Industrieunter-

<i>Nr.</i>	<i>IM</i>	<i>IT</i>	<i>DLBT</i>	<i>DLAT</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Kollaborationspartner</i>
						nehmen aus der Automobilbranche
12	<i>Wartung (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₁	Kleinauftrag	Wartung einer Photovoltaikanlage	Dienstleister Energietechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
13	<i>Verbesserung (Einzelauftrag)</i>	korrektiv	DT ₄	Einzelmaßnahme	Verbesserung einer Photovoltaikanlage im Rahmen eines Kleinprojekts	Dienstleister Energietechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
14	<i>Inspektion (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₁	Kleinauftrag	Ertragskontrolle einer Photovoltaikanlage	Dienstleister Energietechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilbranche
15	<i>Inspektion (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₁	Kleinauftrag	Inspektion Beleuchtung	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilzulieferbranche
16	<i>Instandsetzung (Rahmenvertrag)</i>	präventiv	DT ₄	Einzelmaßnahme	Wartung lufttechnische Anlage	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilzulieferbranche
17	<i>Inspektion und Instandsetzung (Einzelauftrag)</i>	präventiv, korrektiv	DT ₂	Kleinauftrag	Inspektion und Instandsetzung Heizung im Rahmen eines Kleinprojekts	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilzulieferbranche:
18	<i>Instandsetzung (Einzelauftrag)</i>	korrektiv	DT ₄	Einzelmaßnahme	Inbetriebnahme einer Gebäudetechnischen Anlage im Rahmen eines Großprojekts	Dienstleister Gebäudetechnik (KMU) Industrieunternehmen aus der Automobilzulieferbranche
Legende:						
IM = Instandhaltungsmaßnahme IT = Instandhaltungstyp DLBT = Dienstleistungsbeschaffungstyp DLAT = Dienstleistungsauftragstyp						

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Domänenspezifisches Vorgehensmodell.....	15
Abbildung 2: Geschäftsprozessmodell mit verfeinerten Teilprozessen (in Anlehnung an [Ba10]).....	22
Abbildung 3: Geschäftsprozess mit Transformation von Prozessinput in Prozessoutput (in Anlehnung an [Ba10])	24
Abbildung 4: Datenstrukturen und Datenarten.....	30
Abbildung 5: Beziehung von Geschäftsprozessen, Informationssystemen und Modellen (in Anlehnung an [AS11])	32
Abbildung 6: ARIS-Architektur	36
Abbildung 7: Point-to-Point-Topologie	44
Abbildung 8: Hub-and-Spoke-Topologie.....	45
Abbildung 9: Bus-orientierte Topologie.....	45
Abbildung 10: Zusammenspiel von Dienstanbieter, Dienstanutzer und Verzeichnisdienst .	47
Abbildung 11: Begriffe der Modellentwicklung [St07b]	51
Abbildung 12: Abstraktionsebenen der Metamodellierung gemäß dem MDA-Ansatz (in Anlehnung an [St96])	53
Abbildung 13: Korrespondierende Modellebenen zu UML.....	54
Abbildung 14: Einfaches Petri-Netz.....	59
Abbildung 15: S/T-Netz mit Startmarkierung und Folgemarkierung	60
Abbildung 16: Sequenz und Iteration (a), Alternative/Konflikt (ODER-Verzweigung) und Nebenläufigkeit (UND-Verzweigung) (b), Synchronisation und Kontakt (c)	62
Abbildung 17: Vorbereich und Nachbereich der Stellen	62
Abbildung 18: stellenberandetes und transitionsberandetes Teilnetz	63
Abbildung 19: Vergrößerung des stellenberandeten Teilnetzes N2 zu einem einzigen Zustand s3 im Netz N1 und Verfeinerung in Gegenrichtung	63
Abbildung 20: Elementtyp und zugehöriger Elementfilter (a) und Elementtyp und zugehöriger Manipulationsfilter (b)	67
Abbildung 21: Anfrage mit XManiLa für die Operationen <i>Lesen</i> , <i>Einfügen</i> und <i>Löschen</i>	68
Abbildung 22: Beispiel für eine Leseoperation.....	69
Abbildung 23: XML-Netz „ <i>Konfiguration einer Dienstleistung</i> “	71

Abbildung 24: Notation einer UML-Klasse und Sichtbarkeit von Attributen mit Zugriffsmodifikatoren	74
Abbildung 25: Binäre Assoziation (a), reflexive Assoziation (b) und Abhängigkeit zwischen zwei Klassen (c)	75
Abbildung 26: Aggregation und Komposition in UML-Notation	75
Abbildung 27: Generalisierung	75
Abbildung 28: Beispiele für Flussobjekte, Verbindungsobjekte, Swimlanes und Artefakte	76
Abbildung 29: BPMN-Diagramm „Einkauf von Dienstleistungen“	77
Abbildung 30: Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) „Kundenanfrage bearbeiten“	78
Abbildung 31: Exklusive ODER-Verzweigung in BPMN-Notation [WfMC08]	79
Abbildung 32: Service-Komposition mit WS-BPEL [We07]	80
Abbildung 33: XSD mit Elementtypen, Substitutionstypen, Kardinalitäten, Schlüsselbeziehungen	86
Abbildung 34: XML-Schema-Transformation <i>Verfeinerung</i>	87
Abbildung 35: Betriebswirtschaftliche und institutionelle Ansätze zur Bestimmung des Dienstleistungsbegriffs [CG07, Hi84]	90
Abbildung 36: Dienstleistungsabgrenzung [KO96]	91
Abbildung 37: Gütersystematik (in Anlehnung an [CG07])	94
Abbildung 38: Produkt- und Dienstleistungskontinuum [MB09]	95
Abbildung 39: Faktorkombinationsprozess aus Prozesssichtweise [Hi89]	98
Abbildung 40: Kennzeichen hybrider Leistungsbündel [MK07]	102
Abbildung 41: Unterschiedliche Bedarfsdeckung von Sachleistungen und hybriden Produkten [SD06]	103
Abbildung 42: Gütertopologische Abgrenzung hybrider Produkte [LG08]	103
Abbildung 43: Differenzierungen des industriellen Dienstleistungsbegriffs [HG96, SD06]	107
Abbildung 44: Konkretisierung der Systematisierung von industriellen Dienstleistungen (in Anlehnung an [ER06])	108
Abbildung 45: Differenzierung von industriellen Dienstleistungen in produktbegleitende Dienstleistungen und Performance Contracting-Leistungen [SD06]	109
Abbildung 46: Instandhaltung nach [DIN08]	112
Abbildung 47: Wertschöpfungs- und Prozessorientierung der Beschaffung [EKM02] ...	114
Abbildung 48: Beschaffungsaktivitäten und damit verbundene Konzepte [We06a]	116

Abbildung 49: Strategische Beschaffungsprozessstypen.....	117
Abbildung 50: Operative Beschaffungsprozessstypen	119
Abbildung 51: Gegenüberstellung der Beschaffung von Sachgütern (a) und Dienstleistungen (b) [HW11, HSW11]	120
Abbildung 52: Wirtschaftsgütersystematik eines Produktionsprozesses [Ne07].....	128
Abbildung 53: Erweiterte Struktur eines Wertschöpfungsnetzwerks von Dienstleistungsanbietern [SFM10].....	129
Abbildung 54: Supply Chain für Sachgüter (a) und Service Chain einer Kunden- Lieferanten-Dualität (b) in Servicelieferbeziehungen [Di09b]	129
Abbildung 55: Beispiele von Kollaborationsmöglichkeiten [KS10].....	130
Abbildung 56: Unterschiedliche Konstellationen von industriellen Dienstleistungsnetzwerken [BS11, BST11]	130
Abbildung 57: Hauptaktivitäten des Prozessmanagements in der elektronischen Beschaffung (in Anlehnung an [Ko09a])	134
Abbildung 58: E-Business-Schichtenmodell mit fachlichem und technischem Anwendungsbereich [SFS+10].....	140
Abbildung 59: UMM Metamodel und ebXML Business Process Specification Schema (BPSS) [OASIS01].....	143
Abbildung 60: GAEB DA XML Datenaustauschphasen [GAEB09].....	144
Abbildung 61: Transaktionen von BMEcat.....	145
Abbildung 62: Aufbau und Beispiel des Klassifikationssystems UNSPSC.....	147
Abbildung 63: Aufbau und Beispiel des Klassifikationssystems eCI@ss	148
Abbildung 64: Zusammenspiel von internen, öffentlichen sowie unternehmensübergreifenden, kollaborativen Geschäftsprozessen (in Anlehnung an [AK07])	155
Abbildung 65: Teilmodell der Prozesssicht	156
Abbildung 66: Teilmodell der Datensicht	158
Abbildung 67: Teilmodell der Organisationsicht	160
Abbildung 68: Teilmodell der Ressourcensicht	161
Abbildung 69: Teilmodell der Administrationssicht.....	162
Abbildung 70: Zusammenhang Metamodel, Modell und Modellinstanz.....	163
Abbildung 71: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>ProcessPhase</i>	167
Abbildung 72: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>ProcessModule</i>	168
Abbildung 73: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>DataObject</i>	168
Abbildung 74: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>ServiceDescription</i>	170

Abbildung 75: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>Organization</i>	172
Abbildung 76: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>OrganizationalUnit</i>	172
Abbildung 77: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>Service</i>	174
Abbildung 78: Domänenspezifische Erweiterung der Klasse <i>LegalAgreement</i>	175
Abbildung 79: Metamodellelementkennzeichnung der Modellelemente	175
Abbildung 80: Teilmodell der Prozesssicht der Modellinstanz	176
Abbildung 81: Teilmodell der Datensicht der Modellinstanz	177
Abbildung 82: Teilmodell der Organisations- und Ressourcensicht der Modellinstanz ..	178
Abbildung 83: Teilmodell der Administrationssicht der Modellinstanz.....	178
Abbildung 84: Service Chain in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung (in Anlehnung an [We95]).....	186
Abbildung 85: Evolutionäres Vorgehensmodell für die Entwicklung von prozessorientierten Informationssystemen.....	194
Abbildung 86: Schrittweise Transformation (in Anlehnung an [DO96])	199
Abbildung 87: Schichtenmodell zur systematischen Verfeinerung von Serviceprozessen (in Anlehnung an [HKS08])	201
Abbildung 88: Serviceobjekt <i>industrielle Dienstleistungsbeschreibung</i> in XSM-Darstellung	204
Abbildung 89: Serviceobjekt <i>Leistungsverzeichnis</i> (Ausschnitt) in XSM-Darstellung....	205
Abbildung 90: Kollaborativer Serviceprozess mit Darstellung der Teilprozesse durch Pools	210
Abbildung 91: Hierarchische Strukturierung von Serviceprozessen	211
Abbildung 92: Strukturierung durch Hierarchisierung mit Serviceprozessmodulen auf der Modellierungsebene E1	212
Abbildung 93: Serviceprozess <i>Nachbesserung einer präventiven Instandhaltungsmaßnahme</i>	220
Abbildung 94: Modularisierung einer Serviceprozessphase durch Serviceprozessmodule	223
Abbildung 95: Verschmelzung der Modulschnittstellen von Serviceprozessmodulen....	223
Abbildung 96: Ausführung von elementaren Transitionen durch die Kapselung von Web Services auf der Modellierungsebene E_2	230
Abbildung 97: Service-Netz <i>Auftragserstellung</i> als Web Service-Netz	230
Abbildung 98: Web Service-Netz mit Web Service Selection	231
Abbildung 99: Problemfelder des Referenzprozessmodellbegriffs [Pe10a]	239
Abbildung 100: Dienstleistungsbeschaffung nach der PAS 1018 [DIN02A].....	244

Abbildung 101: Gegenüberstellung der Beschaffungsprozesse für Sachgüter und Dienstleistungen [ME07].....	246
Abbildung 102: Beschaffungsmodell nach Ernst & Young [HRH09].....	246
Abbildung 103: Grundprozess der Beschaffung von Dienstleistungen [SAP11]	247
Abbildung 104: Modellbildung des Dienstleistungseinkaufs [Sp09].....	248
Abbildung 105: Dimensionen von Schnittstellen [We06b].....	252
Abbildung 106: Prozessphasen und inner-und überbetriebliche Schnittstellen in Geschäftsprozessen der industriellen Dienstleistungsbeschaffung	253
Abbildung 107: Modellierungsebene EO des Referenzprozessmodells	257
Abbildung 108: Vereinbarungsphase <i>VB</i>	258
Abbildung 109: Anfragephase <i>AF</i>	259
Abbildung 110: Angebotsphase <i>AG</i>	260
Abbildung 111: Auftragsphase <i>AT</i>	262
Abbildung 112: Ausführungsphase <i>AS</i>	263
Abbildung 113: Aufmaßphase <i>AM</i>	264
Abbildung 114: Abnahmephase <i>AB</i>	265
Abbildung 115: Abrechnungsphase <i>AR</i>	266
Abbildung 116: Klassifizierung von Simulationsmethoden [VDI96a].....	281
Abbildung 117: Iteratives Vorgehensmodell für die Prozesssimulation	284
Abbildung 118: Systemarchitektur <i>Horus Business Modeler (HBM)</i> [Sc10a].....	288
Abbildung 119: Plug-Ins von <i>Horus</i> [KLO08]	289
Abbildung 120: Menü- und Werkzeugleistenstruktur des <i>SP-Editors</i>	292
Abbildung 121: Modellierung einer Servicedokumentstelle und Zuweisung eines Dokumenttyps.....	292
Abbildung 122: Modellierung einer dynamischen Serviceschnittstelle und Erzeugung eines Subprozesses.....	293
Abbildung 123: Subprozess der transitionsberandeten Serviceschnittstelle	293
Abbildung 124: Modellierung einer Serviceprozessphase und Erzeugung der zugehörigen Serviceprozessphasen	294
Abbildung 125: Modellierung eines Serviceprozessmodules und Erzeugung des zugehörigen Subprozesses.....	294
Abbildung 126: Einfaches Objekt, Kopie-Objekt, Wurzelobjekt und Aggregation	296
Abbildung 127: Auftragsdokument und Serviceschnittstelle <i>eBuSxchange</i>	297
Abbildung 128: Dienstleistungsbeschreibung.....	297

Abbildung 129: Modeling Service Repository.....	298
Abbildung 130: Softwarekomponenten der Simulationsumgebung [Sc10a].....	300
Abbildung 131: Eingabemaske der Simulationskomponente von <i>Horus</i>	301
Abbildung 132: Simulationsmodellvariante SIM1(spi) mit Entfall redundanter Aktivitäten und Minimierung von Bearbeitungszeiten	305
Abbildung 133: Simulationsmodellvariante SIM2(spi) mit Unterstützung der Interaktion und <i>LimitPositions</i>	306
Abbildung 134: Simulationsmodellvariante SIM3(spi) mit Reduktion der Bearbeitungszeiten von Servicedokumenttypen	307
Abbildung 135: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten und Streuung von SX1	311
Abbildung 136: Durchschnittliche Einsparungen an Bearbeitungszeiten von SX1	311
Abbildung 137: Durchschnittliche Bearbeitungszeiten und Streuung von SX2	313
Abbildung 138: Durchschnittliche Einsparungen an Bearbeitungszeiten von SX2	314
Abbildung 139: Durchschnittliche Durchlaufzeiten und Streuung von SX3	315
Abbildung 140: Durchschnittliche Einsparungen an Durchlaufzeiten von SX3	316
Abbildung 141: Durchschnittliche Durchlaufzeiten und Streuung von SX4	317
Abbildung 142: Durchschnittliche Einsparungen an Durchlaufzeiten von SX4	318
Abbildung 143: Klassifikationsstruktur für industrielle Dienstleistungen in der Instandhaltung	332
Abbildung 144: Klassifizierung der Dienstleistung „ <i>Wartung eines Lüftungssystems</i> “ ...	333
Abbildung 145: Dienstleistungsschlüssel als identifizierendes Merkmal für die Warengruppendefinition.....	334
Abbildung 146: Neues Datenmodell von eCl@ss [HW10b, RM09]	335
Abbildung 147: Allgemeine und spezifische Merkmalslisten [HW10b].....	336
Abbildung 148: Neue Klassifikationsstruktur mit Applikationsklassen, Merkmalsblöcken, Aspekten, Kardinalität und Polymorphismus [HW10b]	337
Abbildung 149: Beziehung der XML-Schemata.....	338
Abbildung 150: Inhaltlicher Einfluss auf <i>eBus-XML</i>	339
Abbildung 151: Ausschnitt der Grundstruktur von <i>eBusLib</i>	340
Abbildung 152: Hierarchische Dienstleistungsstruktur [HW11].....	341
Abbildung 153: Definition des Elements <code>Item</code> durch den Elementtyp <code>ItemType</code>	343
Abbildung 154: Komplexer Elementtyp <code>ClassificationType</code>	344
Abbildung 155: Komplexer Elementtyp <code>FeatureType</code>	345
Abbildung 156: Elemente des Elementtyps <code>GeneralSpecInfoType</code>	346

Abbildung 157: Grundstruktur von <i>eBuScat</i>	347
Abbildung 158: Komplexer Elementtyp <i>RequesterType</i>	348
Abbildung 159: Geschäftsdokumenttypen von <i>eBuStrans</i>	349
Abbildung 160: Geschäftsdokumenttyp <i>Abnahmeprotokoll</i>	350
Abbildung 161: Grundstruktur von <i>eBuSxchange</i>	352
Abbildung 162: Übersicht der Operationen der Web Services	355
Abbildung 163: Definition der Ausnahmetypen <i>FaultType</i> und <i>FaultDetailType</i>	356
Abbildung 164: Abstimmung der vorhandenen Schnittstellen mit <i>eBuStrans</i> -Schnittstellen	358
Abbildung 165: Serviceprozess <i>Auftrag</i>	359
Abbildung 166: Serviceprozess <i>Aufmaß</i>	359
Abbildung 167: Komplexer Elementtyp <i>LimitPositionType</i>	360
Abbildung 168: Lieferantenansicht <i>Anfrage</i> der IT-Referenzlösung	362
Abbildung 169: Service-Netz <i>Anfrageaktualisierung</i> und Service-Netz <i>Angebotsaktualisierung</i>	362
Abbildung 170: UML-Paketdiagramm der Architektur des SOA-Clients	363
Abbildung 171: SOA-Client	364
Abbildung 172: Service-Netz <i>Auftragsaktualisierung</i>	365
Abbildung 173: Java-Anwendung für den Dienstleistungsanbieter	366
Abbildung 174: Minimale, durchschnittliche und maximale Anzahl der Medienbrüche in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Einzelmaßnahme</i>	368
Abbildung 175: Minimale, durchschnittliche und maximale Anzahl Medienbrüche in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Kleinauftrag</i>	369
Abbildung 176: Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Einzelmaßnahme</i>	371
Abbildung 177: Minimale, durchschnittliche und maximale Einsparung an Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Einzelmaßnahme</i>	371
Abbildung 178: Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Kleinauftrag</i>	372
Abbildung 179: Einsparung an Bearbeitungszeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Kleinauftrag</i>	373
Abbildung 180: Minimale, durchschnittliche und maximale Bearbeitungszeiten und Einsparungen der Dienstleistungsauftragstypen <i>Einzelmaßnahme</i> und <i>Kleinauftrag</i>	373

Abbildung 181: Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Einzelmaßnahme</i>	375
Abbildung 182: Einsparung an Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Einzelmaßnahme</i>	375
Abbildung 183: Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Kleinauftrag</i>	376
Abbildung 184: Einsparung an Durchlaufzeiten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Kleinauftrag</i>	377
Abbildung 185: Minimale, durchschnittliche und maximale Durchlaufzeiten und Einsparungen der Dienstleistungsauftragstypen <i>Einzelmaßnahme</i> und <i>Kleinauftrag</i>	377
Abbildung 186: Minimale, durchschnittliche und maximale Einsparung an Bearbeitungskosten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Einzelmaßnahme</i>	378
Abbildung 187: Minimale, durchschnittliche und maximale Einsparung an Bearbeitungskosten in den Serviceprozessphasen des Dienstleistungsauftragstyps <i>Kleinauftrag</i>	379

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grafische Repräsentation von Konstrukten des XSM [Le03a]	84
Tabelle 2: Kardinalitäten von Elementtypen im XSM	86
Tabelle 3: Gegenüberstellung von Merkmalen von Sach- und Dienstleistungen	97
Tabelle 4: Arten von industriellen Dienstleistungen und ihr Anteil am gesamten Dienstleistungsumsatz von Unternehmen [VDMA01].....	105
Tabelle 5: Grundmaßnahmen der Instandhaltung	112
Tabelle 6: Übersicht der Formalisierungsstufen, Modellierungssprachen und Methoden, Modelle und Modellierungskonzepte	198
Tabelle 7: Serviceprozessphasen in der industriellen Dienstleistungsbeschaffung.....	210
Tabelle 8: Serviceprozessphasen mit Input- und Outputstellen	218
Tabelle 9: Stärken und Schwächen der existierenden Referenzmodelle	249
Tabelle 10: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Vereinbarungsphase <i>VB</i>	258
Tabelle 11: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Anfragephase <i>AF</i>	259
Tabelle 12: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Angebotsphase <i>AG</i>	261
Tabelle 13: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Auftragsphase <i>AT</i>	263
Tabelle 14: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Ausführungsphase <i>AS</i>	264
Tabelle 15: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Aufmaßphase <i>AM</i>	265
Tabelle 16: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Abnahmephase <i>AB</i>	265
Tabelle 17: Prozessbeschreibungen Subserviceprozesse Abrechnungsphase <i>AR</i>	267
Tabelle 18: Vor- und Nachteile der Simulation	282
Tabelle 19: Defizite existierender E-Business-Standards	329
Tabelle 20: Merkmalsgruppen und Grundmerkmale des Sachgebiets <i>Instandhaltung</i>	332
Tabelle 21: Vergleich von Geschäftsdokumenttypen existierender Transaktionsstandards mit <i>eBuStrans</i>	349
Tabelle 22: <i>eBuScollab</i> mit WSDL-Schnittstellendokumenten, Nachrichtentypen und korrespondierenden Serviceprozessphasen	354

Listingverzeichnis

Listing 1: XQuery-Ausdruck für die Leseoperation in Abbildung 22	69
Listing 2: Exklusive ODER-Verzweigung im XPDL-Format	79
Listing 3: Vereinfachte Struktur von WS-BPEL als XML-Repräsentation [We07]	81
Listing 4: XML-Schema einer Lieferantenadresse	83
Listing 5: Instanz eines XML-Dokuments einer Lieferantenadresse	83
Listing 6: XML-Schema des Serviceobjekts <i>Leistungsverzeichnis</i> aus Abbildung 89	207
Listing 7: Deklaration eines <i>Items</i> als Service	341
Listing 8: Spezifikation einer hierarchischen Struktur [HW11]	342
Listing 9: Spezifikation einer hybriden Dienstleistung mit <i>eBus-XML</i>	342

Definitionsverzeichnis

Definition 2.1: <i>Geschäftsprozess</i>	20
Definition 2.2: <i>Prozessobjekt</i>	23
Definition 2.3: <i>elektronischer Geschäftsprozess</i>	25
Definition 2.4: <i>Serviceprozess</i>	27
Definition 2.5: <i>Serviceobjekt</i>	28
Definition 2.6: <i>Prozessorientiertes Informationssystem (POIS)</i>	31
Definition 3.1: <i>Geschäftsprozessmodell</i>	55
Definition 3.2: <i>Petri-Netz</i>	58
Definition 3.3: <i>XML-Netz</i>	65
Definition 4.1: <i>Dienstleistung</i>	91
Definition 4.2: <i>hybrides Produkt</i>	102
Definition 4.3: <i>industrielle Dienstleistung</i>	106
Definition 4.4: <i>industrielle Instandhaltungsdienstleistung</i>	111
Definition 4.5: <i>Service Chain</i>	123
Definition 4.6: <i>elektronische Dienstleistungsbeschaffung (Service E-Procurement)</i>	133
Definition 4.7: <i>E-Business-Standard</i>	139
Definition 6.1: <i>einfaches Service-Netz (eSN)</i>	213
Definition 6.2: <i>Schaltregel für ein einfaches Service-Netz (eSN)</i>	214
Definition 6.3: <i>Typisierung von Serviceobjekt-spezifischen Stellen</i>	216
Definition 6.4: <i>Serviceprozessphase</i>	220
Definition 6.5: <i>syntaktische Kompatibilität von Serviceprozessphasen</i>	221
Definition 6.6: <i>Serviceprozessmodul</i>	223
Definition 6.7: <i>syntaktische Kompatibilität von Serviceprozessmodulen</i>	224
Definition 6.8: <i>höheres Service-Netz (hSN)</i>	225
Definition 6.9: <i>Schaltregel für ein höheres Service-Netz (hSN)</i>	227
Definition 7.1: <i>Referenzmodell</i>	236
Definition 7.2: <i>Referenzprozessmodell</i>	238
Definition 7.3: <i>Dienstleistungsbeschaffungstyp (DTi)</i>	253
Definition 8.1: <i>Simulation und Prozesssimulation</i>	277

Literaturverzeichnis

- [Aa00a] van der Aalst, W.M.P.: Loosely Coupled Interorganizational Workflow: Modeling and Analyzing Workflows Crossing organizational Boundaries, *Information and Management*, 37:2, S. 67-75, 2000.
- [Aa00b] van der Aalst, W.M.P.: Workflow Verification: Finding Control-Flow Errors using Petri-net based Techniques. In: Van der Aalst, W.M.P.; Desel, J.; Oberweis, A. (Hrsg.): *Business Process Management – Models, Techniques, and Empirical Studies*, Lecture Notes in Computer Science, Volume 1806, S. 161-181, Springer Verlag, 2000.
- [Aa98a] van der Aalst, W.M.P.: Modeling and Analyzing Interorganizational Workflows. In: Lavagno, L.; Reisig, W. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Application of Concurrency to System Design (CSD'98)*, S. 1-15, IEEE Computer Society Press, 1998.
- [Aa98b] van der Aalst, W.M.P.: The Application of Petri Nets to Workflow Management, *The Journal of Circuits, Systems and Computers*, 8(1):21-66, 1998.
- [Aa99a] van der Aalst, W.M.P.: On the automatic generation of workflow processes based on product structures, *Computers in Industry*, Volume 39(2), S. 97-111, 1999.
- [Aa99b] van der Aalst, W.M.P.: Interorganizational Workflows: An Approach based on Message Sequence Charts and Petri Nets, *Systems Analysis – Modeling – Simulation*, 34:3, S. 335-367, 1999.
- [Aa99c] van der Aalst, W.M.P.: Process-oriented Architectures for Electronic Commerce and Interorganizational Workflow. In: *Information Systems*, 24. Jahrgang., Nr. 8, S. 639-671, 1999.
- [Ab06] Abels, S.: *Reklassifikation von Produktdaten elektronischer Produktkataloge*. Dissertation Universität Oldenburg, 2006.
- [AB11] Appelfeller, W.; Buchholz, W.: *Supplier Relationship Management Strategie, Organisation und IT des modernen Beschaffungsmanagements*, Gabler Verlag Springer Fachmedien Wiesbaden, 2011.
- [Ab74] Abrial, J.-R.: Data Semantics. In: *IFIP Working Conference Data Base Management 1974*, S. 1-60, 1974.
- [Ab90] Abel, D.: *Petri-Netze für Ingenieure – Modellbildung und Analyse diskret gestreuter Systeme*, Springer Verlag, 1990.
- [AB98] Altobelli, C.F.; Bouncken, R.: Wertkettenanalyse von Dienstleistungsanbietern. In: Meyer, A. (Hrsg.): *Handbuch des Dienstleistungsmarketing*, Band 1, Stuttgart, S. 282-297, 1998.
- [ABE+09] Apel, D.; Behme, W.; Eberlein, R.; Merighi, C.: *Datenqualität erfolgreich steuern. Praxislösungen für Business-Intelligence-Projekte*, Hanser Verlag, 2009.
- [ABG+04] Akkermans, H.; Baida, Z.; Gordijn, J.; Peiia, N.; Altuna, A.; Laresgoiti, I.: Value Webs: using ontologies to bundle real-world services, *IEEE Intelligent Systems (EXPERT)*, 19(4), S. 57-66, 2004.
- [ABH+01] Ankolekar, A.; Burstein, M.H.; Hobbs, J.R.; Lassila, O.; Martin, D.L.; McIlraith, S.A.; Narayanan, S.; Paolucci, M.; Payne, T.; Sycara, K.; Zeng, H.: DAML-S: Semantic markup for Web Services. In: Cruz, I.;

- Decker, S.; Euzenat, J.; McGuinness, J.L. (Hrsg.): *The Emerging Semantic Web, Selected Papers from the First Semantic Web Working Symposium*, Stanford University, California, USA, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, IOS Press, 2001.
- [ABM11] Amberg, M.; Bodendorf, F.; Möslin, K.: *Servicemanagement*. In: *Wertschöpfungsorientierte Wirtschaftsinformatik*, Springer Lehrbuch, Volume 4, S. 85-110, 2011.
- [ACK+04] Alonso, G.; Casati, F.; Kuno, H.; Machiraju, V.: *Web Services*, Springer Verlag, 2004.
- [ADK02] van der Aalst, W.M.P.; Desel, J.; Kindler, K.: *On the semantics of EPCs: A vicious circle*. In: Nüttgens, M.; Rump, F. J.: *EPK 2002 – Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten*, S. 71-79, 2002.
- [AE03] Ahlert, D.; Evanschitzky, H.: *Dienstleistungsnetzwerke. Management, Erfolgsfaktoren und Benchmarks im internationalen Vergleich*, Berlin, 2003.
- [AE05] Arnold, U.; Eßig, M.: *Kooperationen in der industriellen Beschaffung*. In: Zentes, J.; Swoboda, B.; Morschett, D. (Hrsg.): *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke*, 2. Auflage, 2005.
- [AFJ05] Aurich, J.C.; Fuchs, C.; Jenne, F.: *Entwicklung und Erbringung investiver Produkt-Service Systeme*, *wt Werkstatttechnik online* 95/7-8, S. 538-545, 2005.
- [AG03] Aberdeen Group: *The services supply chain automation benchmark report. Strategies for a buckshot market*, Boston, 2003.
- [AH00] van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.: *Verification of Workflow Task Structures: A Petri net-based approach*, *Information Systems*, 25:1, S. 43-69, 2000.
- [AH04] van der Aalst, W.M.P.; van Hee, K.: *Workflow Management: Models, Methods, and Systems*, MIT Press, 2004.
- [AH05] van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.: *YAWL: Yet Another Workflow Language*. In: *Information Systems*, 30(4), S. 245-275, 2005.
- [AHS02] Ankolekar, A.; Huch, F.; Sycara, K.: *Concurrent Execution Semantics for DAML-S with Subtypes*, *International Semantic Web Conference (ISWC)*, 2002.
- [AHW03] van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.; Weske, M.: *Business Process Management: A Survey*. In: van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.; Weske, M. (Hrsg.): *Proceedings International Conference on Business Process Management (BPM 2003)*, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 2678, S. 1-12, Springer Verlag, 2003.
- [AK06] Ahlrichs, F.; Knuppertz, T.: *Controlling von Geschäftsprozessen*, Schäffer Poeschel Verlag, 2006.
- [AK07] Ahlert, D.; Kenning, P.: *Handelsmarketing – Grundlagen der marktorientierten Führung von Handelsbetrieben*, Springer Verlag, 2007.
- [AKV03] van der Aalst, W.M.P., Kumar, A.; Verbeek, H.M.W.: *Organizational modeling in UML and XML in the context of workflow systems; Proceedings of the 2003 ACM symposium on Applied computing*, Melbourne, Florida, S. 603-608, 2003.
- [AI00] Allen, R.: *Workflow: An Introduction*. In: Fischer, L. (Hrsg.): *Workflow Handbook 2001*, S. 15-38, *Future Strategies*, 2000.

- [AI02] Alter, S.: Information Systems: Foundation of e-business, Prentice Hall, 2002.
- [AI08] Allweyer, T.: BPMN Business Process Modeling Notation. Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung, BOD Norderstedt, 2008.
- [AI11] Altova: <http://www.altova.com/xml-editor>. Letzter Zugriff am 21.06.2011.
- [AI12] Altova: <http://www.altova.com/de/umodel.html>. Letzter Zugriff am 13.04.2012.
- [AI89] Albach, H.: Dienstleistungen in der modernen Industriegesellschaft, München, 1989.
- [AI97] Alt, R.: Interorganisationssysteme in der Logistik – Interaktionsorientierte Gestaltung von Koordinationsinstrumenten. Dissertation Universität St. Gallen, 1997.
- [AM00] Anderson, E.G.; Morrice, D.J.: A Simulation Game for Teaching Service-Oriented Supply Chain Management: Does Information Sharing Help Managers with Service Capacity Decisions? In: Journal of Production and Operations Management 9(1), S. 40-55, 2000.
- [AMS+09] van der Aalst, W.M.P.; Mooij, A.J.; Stahl, C.; Wolf, K.: Service Interaction: Patterns, Formalization, and Analysis. In: Bernardo, M.; Padovani, L.; Zavattaro, G.: (Hrsg.): Formal Methods for Web Services, Volume 5569 of Lecture Notes in Computer Science, S. 42-88, Springer Verlag, Berlin, 2009.
- [AMS09] Aurich, J.C.; Mannweiler, C.; Schweitzer, E.: Kontinuierliche Verbesserung investiver Produkt-Service Systeme, wt Werkstatttechnik online 99/7-8, S. 551-557, 2009.
- [AN03] Arlow, J.; Neustadt, I.: Enterprise Patterns and MDA, Addison Wesley, 2003.
- [Ar03] Arcache, A.: Einsatz von E-Procurement-Systemen im Beschaffungsprozess der Abnehmer-Zulieferer-Kooperation, DVS, 2003.
- [Ar12] ArgoUML: <http://argouml.tigris.org>. Letzter Zugriff am 19.12.2012.
- [Ar95] Arnold, U.: Beschaffungsmanagement, Stuttgart, 1995.
- [Ar96] Arnold, U.: Sourcing-Konzepte. In: Kern, W.; Schröder, H.-H.; Weber, J. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, 1996.
- [AS03] Aier, S.; Schönherr, M.: Flexibilisierung von Organisations- und IT-Architekturen durch EAI. In: Aier, S.; Schönherr, M. (Hrsg.): Enterprise Application Integration – Management komplexer Architekturen, Gito Verlag, S. 3-56, 2003.
- [AS11] van der Aalst, W.M.P.; Stahl, C.: Modeling Business Processes, MIT Press, 2011.
- [AS95] Allweyer, T.; Scheer, A.-W.: Modellierung und Gestaltung adaptiver Geschäftsprozesse. In: Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 115, Universität des Saarlandes, 1995.
- [ASS+07] Aurich, J.C.; Schweitzer, E.; Siener, M.; Wolf, N.: Lebenszyklusorientierte Konfiguration investiver Produkt-Service-Systeme, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), Jahrgang 102 Nr. 12, S. 820-824, 2007.
- [Ba03] Backhaus, K.: Industriegütermarketing, Vahlen Verlag, 2003.
- [Ba04] Baumgarten, H.: Entwicklungsphasen des Supply Chain Management.

- In: Baumgarten, H.; Darkow, I.-L.; Zardek, H. (Hrsg): Supply Chain Steuerung und Services. Logistik-Dienstleister Management globaler Netzwerke, Springer Verlag, S. 51-60, 2004.
- [Ba05] to Baben, R.: Bessere Dienstleistung in der Instandhaltung durch Prozessverbesserung. In: VDI-Berichte Nr. 1894 (2005): Produktivitätssteigerung im Fokus, 26. VDI/VDEH – Forum Instandhaltung, Tagung Bonn, 2005.
- [Ba07] Barros, O.: Business process patterns and frameworks: Reusing knowledge in process innovation, Business Process Management Journal, Volume 13, Issue 1, S. 47-69, 2007.
- [Bä09] Bärtsch, S.: Domain-Specific Model Driven Testing, Vieweg + Teubner Verlag, 2009.
- [Ba10] Bartsch, C.: Modellierung und Simulation von IT-Dienstleistungsprozessen. Dissertation Universität Karlsruhe, 2010.
- [Ba90] Banks, J.: Principles of Simulation. In: Banks, J. (Hrsg.): Handbook of Simulation – Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice, S. 3-30, Wiley, New York, 1990.
- [Ba95] Balzert, H.: Methoden der objektorientierten Softwareanalyse, BI-Wissenschaftsverlag, 1995.
- [Ba97] Baumgarten, B.: Petri-Netze. Grundlagen und Anwendungen. Spektrum Akademischer Verlag, Mannheim, 1997.
- [Ba98] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik: Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung, Spektrum Verlag, 1998.
- [BAK+07] Baltacioglu, T.; Ada, E.; Kaplan, M.; Yurt, O.; Kaplan, C.: A New Framework for Service Supply Chains, Services Industry Journal, Volume 27, No. 2, 2007.
- [BASF12] BASF AG: <http://www.basf.de>. Letzter Zugriff am 13.12.2012.
- [BBB+02] Banerji, A.; Bartolini, C.; Beringer, D.; Chopella, V.; Govindarajan, K.; Karp, A.; Kuno, H.; Lemon, M.; Pogossiants, G.; Sharma, S.; Williams, S.: Web Services Conversation Language (WSCL) 1.0, W3C Note, March 2002, <http://www.w3.org/TR/wscl10/>. Letzter Zugriff am 15.03.2010.
- [BBB+08] Becker, J.; Beverungen, D.; Brune, C.; Bunge, M.; Knackstedt, R.; Meschede, B.; Müller, O.; Philipp, M.; Stepanow, K.: Modellierung, Konfiguration und Kalkulation hybrider Leistungsbündel mit H2-ServPay. Bericht über die Toolentwicklung und -anwendung auf Basis eines Szenarios aus der Fertigungsindustrie. In: Arbeitspapiere des Forschungsprojekts ServPay, Nr. 4. Münster, 2008.
- [BBK+08] Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.; Müller, O.: Modeling, Customer-Specific Configuration and Calculation of Value Bundles, AMCIS 2008 Proceedings, Paper 211, 2008.
- [BBK+09a] Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.; Matzner, M.: Configurative Service Engineering – A Rule-Based Configuration Approach for Versatile Service Processes in Corrective Maintenance, Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, 2009.
- [BBK+09b] Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.; Müller, O.: Konzeption einer Modellierungssprache zur softwarewerkzeugunterstützten Modellierung, Konfiguration und Bewertung hybrider Leistungsbündel. In:

- Thomas, O.; Nüttgens, M. (Hrsg.): Dienstleistungsmodellierung, S. 53-70, Physica Verlag, 2009.
- [BBK+09c] Becker, J.; Knackstedt, R.; Beverungen, D. et al.: Modellierung der hybriden Wertschöpfung: Eine Vergleichsstudie zu Modellierungstechniken, Arbeitsbericht Nr. 125 des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 2009.
- [BBK+11] Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.; Matzner, M.; Müller, O.; Pöppelbuß, J.: Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke (FlexNet), Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik No. 130, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2011.
- [BBK08a] Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.: Wertschöpfungsnetzwerke von Produzenten und Dienstleistern als Option zur Organisation der Erstellung hybrider Leistungsbündel. In: Becker, J.; Knackstedt, R.; Pfeiffer, D. (Hrsg.): Wertschöpfungsnetzwerke, S. 3-31, 2008.
- [BBK08b] Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.: Reference Models and Modeling Languages for Product-Service Systems – Status-Quo and Perspectives for Further Research. In: Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-41), Waikoloa, Big Island, Hawaii, 2008.
- [BC00] Baldwin, C.Y.; Clark, K.B.: Design Rules: The Power of Modularity (Bd. 1), Cambridge (MA), London: MIT Press, 2000.
- [BCE+01] Baldan, P.; Corradini, A.; Ehrig, H.; Heckel, R.: Compositional modeling of reactive systems using open nets. In: Proceedings CONCUR 2001, Aarhus, Denmark, Volume 2154 of LNCS, S. 502-518, Springer Verlag, August, 2001.
- [BCN+05] Banks, J.; Carson, J.S.; Nelson, B.L.; Nicol, D.M.: Discrete-Event System Simulation, Pearson Education, 2005.
- [BCV03] Boyson, S.; Corsi, T.; Verbraeck, A.: The e-supply chain portal: A core business model, Transportation, Research Volume 39(2), S. 175-192, 2003.
- [BD04a] Becker, J.; Delfmann, P.: Referenzmodellierung: Grundlagen, Techniken und domänenbezogene Anwendung, Physica Verlag, 2004.
- [BD04b] Busch, A.; Dangelmeier, W.: Integriertes Supply Chain Management – ein koordinationsorientierter Überblick. In: Busch, A.; Dangelmeier, W. (Hrsg): Integriertes Supply Chain Management. Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse, Gabler Verlag, S. 1-21, 2004.
- [BD07] Berson, A.; Dubov, L.: Master Data Management and Customer Data Integration for a Global Enterprise, McGraw-Hill, New York (NY), 2007.
- [BDH05] Barros, A.P.; Dumans, M.; ter Hofstede, A.H.M.: Service Interaction Patterns. In: van der Aalst, W.M.P.; Benatallah, B.; Casati, F.; Curbera, F. (Hrsg): Business Process Management, Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3649, S. 302-318, 2005.
- [BDR04] Becker, J.; Delfmann, P.; Rieke, T.: RefMod06 – Wiederverwendung fachkonzeptioneller Softwaremodelle für kleine und mittlere Softwareunternehmen durch adaptive, komponentenorientierte Referenzmodellierung, Proceedings of the Eröffnungskonferenz Software Engineering, Berlin, 2004.

- [Be05] Berger, T.G.: Konzeption und Management von Service-Level-Agreements für IT-Dienstleistungen. Dissertation Technische Universität Darmstadt, 2005.
- [Be06] Berlecon Report: SOA in der Praxis – Wie Unternehmen SOA erfolgreich einsetzen. Berlecon Research, Berlin, 2006. http://www.berlecon.de/studien/downloads/Berlecon_SOA.pdf. Letzter Zugriff am 11.05.2011.
- [Be07] Beyer, M.: Servicediversifikation in Industrieunternehmen. Dissertation Universität Hohenheim, Deutscher Universitätsverlag, 2007.
- [Be09a] Becher, M.: DTD, XML-Schema, XPath, XQuery, XSLT, XSL-FO, SAX, DOM, Verlag w3l, 2009.
- [BE09b] Bean J.: SOA and Web Services Interface Design, Burlington, Morgan Kaufmann, 2009.
- [Be12] Benson, P. R.: Data Quality Solutions Summit, Oktober 2012, <http://www.eccma.org/2012ECCMAconf/docs/Peter%20Benson.pdf>. Letzter Zugriff am 02.12.2012
- [Be99] Becker, J.: Branchen-Referenzmodelle, dargestellt am Beispiel des Handels-Referenzmodells. In: Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R. (Hrsg.): Referenzmodellierung: State-of-the-Art und Entwicklungsperspektiven, Physica Verlag, 1999.
- [BF00] Bliemel, F.; Fassott, G.: Produktpolitik mit E-Share. In: Bliemel, F.; Fassott, T.; Theobald, A. (Hrsg.): Electronic Commerce, S. 191-204, 2000.
- [BF09] Böttcher, M.; Fähnrich, K.P.: Service Systems Modeling. In: Alt, R.; Fähnrich, K.P.; Franczyk, B. (Hrsg): Proceedings First International Symposium on Services Science ISSS'09, Logos Verlag, 2009.
- [BF97] Bullinger, H.-J.; Fähnrich, K.-P.: Betriebliche Informationssysteme: Grundlagen und Werkzeuge der methodischen Softwareentwicklung, Springer Verlag, 1997.
- [BFB93] Bullinger, H.-J.; Fröschle H.-P.; Brettreich-Teichmann, W.: Informations- und Kommunikationsinfrastruktur für innovative Unternehmen. In: Zeitschrift Führung und Organisation Nr. 4, S. 225-233, 1993.
- [BFG+02] Bunjes, B.; Friebe, J.; Götze, R.; Harren, A.: Integration von Daten, Anwendungen und Prozessen am Beispiel des Telekommunikationsunternehmens EWE TEL. In: Wirtschaftsinformatik 44. Jahrgang, Nr. 5, S. 415-423, 2002.
- [BFS87] Bratley, P.; Fox, B.L.; Schrage, L.E.: A Guide to Simulation, Springer Verlag, 1987.
- [BG09] Brückmann, T.; Gruhn, V.: Modellierung und Qualitätssicherung von UML-Modellen der Geschäftslogik von Informationssystemen, Proceedings GI 2009, S. 75-87, 2009.
- [BG95] Benkenstein, M.; Güthoff, J.: Typologisierung von Dienstleistungen. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 66 (1996) 12, S. 1493-1510, 1995.
- [BGB12a] Bürgerliches Gesetzbuch (BGB): § 611 Vertragstypische Pflichten beim Dienstvertrag, 2012.
- [BGB12b] Bürgerliches Gesetzbuch (BGB): § 631 Vertragstypische Pflichten beim Werkvertrag, 2012.
- [BGR06] Brehm, N.; Gómez, J.; Rautenstrauch, C.: An ERP solution based on web services and peer-to-peer networks for small and medium enter-

- prises. In: International Journal of Information Systems and Change Management (IJISCM), Volume 1, No.1, S. 99-111, 2006.
- [BH04] Bäcker, M.; Herzog, L.: Modulares Dienstleistungskonzept eines mittelständischen Maschinenbauunternehmens. In: Meier, H. (Hrsg.): Dienstleistungsorientierte Geschäftsmodelle im Maschinen- und Anlagenbau – Vom Basisangebot bis zum Betreibermodell, S. 125-139, 2004.
- [BH06] Bullinger, H.-J.; van Husen, C.: Aktuelle Chancen und Trends im Servicegeschäft. In: Barkawi, K.; Baader, A.; Montanus, S. (Hrsg.): Erfolgreich mit After Sales Services: Geschäftsstrategien für das Servicemanagement und Ersatzteillistik, Springer Verlag, 2006.
- [BH11] Bruhn, M.; Hadwich, K.: Dienstleistungsproduktivität. Innovationsentwicklung, Internationalität, Mitarbeiterperspektive, Gabler Verlag, 2011.
- [BHG+08] Brehm, N.; Heyer, N.; Gómez, J.M.; Richter, B.: Das ERP-KMU-Dilemma und Anforderungen an Service-orientierte Architekturen zur Nutzung von Verbesserungspotentialen. In: Bichler, M.; Hess, T.; Krcmar, H.; Lechner, U.; Matthes, F.; Picot, A.; Speitkamp, B.; Wolf, P. (Hrsg.): Proceedings MKWI Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, 2008.
- [Bi07] Bieger, T.: Dienstleistungsmanagement: Einführung in Strategien und Prozesse bei persönlichen Dienstleistungen, UTB Verlag, 2007.
- [BIB+07] Burianek, F.; Ihl, C.; Bonnemeier, S.; Reichwald, R.: Typologisierung hybrider Produkte. Ein Ansatz basierend auf der Komplexität der Leistungserbringung; Arbeitsbericht Nr. 01/2007 des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre – Information, Organisation und Management, Technische Universität München, 2007.
- [BK01a] Becker, J.; Kugeler, M.: Business Process Reengineering – Eine empirische Analyse. In: Zeitschrift Controlling, 10 (2001), S. 489-496, 2001.
- [BK02] Böhmman, T.; Krcmar, H.: Modulare Servicearchitekturen. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.W. (Hrsg.): Service Engineering: Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen, S. 391-415, Springer Verlag, 2002.
- [BK03] Becker, J.; Knackstedt, R.: Konstruktion und Anwendung fachkonzeptueller Referenzmodelle im Data Warehousing, Heidelberg, 2003.
- [BK04a] Becker, J.; Knackstedt, R.: Referenzmodellierung im Data-Warehousing: State-of-the-Art und konfigurative Ansätze für die Fachkonzeption. In: Wirtschaftsinformatik, 46 (2004), S. 39-49, 2004.
- [BK04b] Böhmman, T.; Krcmar, H.: Servicedatenmanagement für modulare Dienstleistungen. In: Luczak, H. (Hrsg.): Betriebliche Tertiärisierung, DUV, 2004.
- [BK05] Böhmman, T.; Krcmar, H.: Einfach besser? Zur Anwendbarkeit des industriellen Komplexitätsmanagements auf variantenreiche IT-Dienstleistungen. In: Proceedings der 7. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik, Bamberg, 2005.
- [BK98] Buxmann, P.; König, W.: Das Standardisierungsproblem: Zur ökonomischen Auswahl von Standards in Informationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik, 40. Jahrgang, Nr. 2, S. 122-129, 1998.
- [BKK+06] Betz, S.; Karle, T.; Klein, S.; Koschmider, A.; Li, Y.; Mevius, M.; Oberweis, A.; Ried, D.; Trunko, R.; Zaich, M.: Ein Framework zur Mo-

- dellierung und Analyse von XML-Netzen. In: Modt, D. (Hrsg.): Tagungsband des 13. Workshop Algorithmen und Werkzeuge für Petri-Netze (AWPN06), S. 18-24, 2006.
- [BKL+06] Betz, S.; Klink, S.; Li, Y.; Oberweis, A.; Ried, D.; Trunko, R.: Prozessorientierte Komposition von Diensten in der Doktorandenausbildung, Proceedings des EMISA Fachgruppentreffens 2006: Methoden, Konzepte und Technologien für die Entwicklung von dienstebasierten Informationssystemen, 2006.
- [BKM08] Beverungen, D.; Knackstedt, R.; Müller, O.: Entwicklung Serviceorientierter Architekturen zur Integration von Produktion und Dienstleistung – Eine Konzeptionsmethode und ihre Anwendung am Beispiel des Recyclings elektronischer Geräte, Wirtschaftsinformatik, Volume 50:3, S. 220-234, 2008.
- [BKN+09] Baun, C.; Kunze, M.; Nimis, J.; Tai, S.: Cloud Computing: Webbasierte dynamische IT-Services, Springer Verlag, 2009.
- [BL10] Bächtle, M.; Lehmann, F.R.: E-Business – Grundlagen elektronischer Geschäftsprozesse im Web 2.0, Oldenbourg Verlag, 2010.
- [BLK05] Böhmann, T.; Loser, K.-U.; Krcmar, H.: Modellierung von Prozessschnittstellen modularer Servicearchitekturen. In: Herrmann, T.; Kleinbeck, U.; Krcmar, H. (Hrsg.): Konzepte für das Service Engineering, Heidelberg, S. 167-186, 2005.
- [BM12] BMEcat: <http://www.bmecat.org>. Letzter Zugriff am 24.11.2012.
- [BMB06] Baader, A.; Montanus, S.; Barkawi, R.S.: After Sales Services – mit produktbegleitenden Dienstleistungen profitabel wachsen. In: Barkawi, K.; Baader, A.; Montanus, S. (Hrsg.): Erfolgreich mit After Sales Services: Geschäftsstrategien für das Servicemanagement und Ersatzteillogistik, Springer Verlag, 2006.
- [BMBF13] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Höhere Wirtschaftlichkeit durch die Integration von Produktion und Dienstleistung, <http://www.bmbf.de/de/3632.php>. Letzter Zugriff am 26.05.2013.
- [BME12] Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME): BME-eLÖSUNGSTAGE, <http://www.beschaffung-aktuell.de/esolutions/-/article/16537505/27624502/maximized/>. Letzter Zugriff am 10.02.2012.
- [BME13] Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME): Quantitative und qualitative Bewertung in der Dienstleistungsbeschaffung, <http://www.bme.de/Quantitative-und-qualitative-Bewertung-in-der-Dienstleistungsbeschaffung.49272.0.html>. Letzter Zugriff am 26.05.2013.
- [BMWi09] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Industrienahe Dienstleistungen, <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Industrie/industrienation-deutschland,did=337110.html>. Letzter Aufruf: 03.02.2011.
- [BMWi12a] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Industrielle Dienstleistungen, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Industrienation-Deutschland/industrienae-dienstleistungen.html>. Letzter Zugriff am 31.08.2012.
- [BMWi12b] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Dienstleistungswirtschaft, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Wirtschaft/dienstleistungswirtschaft,did=239884.html?view=renderPrint>. Letzter

- Zugriff am 28.08.2012.
- [BMWi13] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Dienstleistungsstandardisierung, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Mittelstand/Mittelstandspolitik/dienstleistungen,did=239894.html>. Letzter Zugriff am 26.05.2013.
- [BN06] Becker, J.; Neumann, S.: Referenzmodelle für Workflow-Applikationen in technischen Dienstleistungen. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.: Service Engineering, S. 623-647, Springer Verlag, 2006.
- [BNK04] Becker, J.; Niehaves, B.; Knackstedt, R.: Bezugsrahmen zur epistemologischen Positionierung der Referenzmodellierung. In: Becker, J., Delfmann, P. (Hrsg.): Referenzmodellierung: Grundlagen, Techniken und domänenbezogene Anwendung, Heidelberg, 2004.
- [Bo04] Bol, G.: Deskriptive Statistik, Oldenbourg Verlag, 2004.
- [Bö05] Böhnlein, C.-B.: Supply Chain Management – Konzepte, Umsetzung und Erfahrungen. In: Das Wirtschaftsstudium 34 (2005), Nr. 2, S. 223-227, 2004.
- [BO06] Bjerring-Olsen, K.: Productivity Impacts of Offshoring and Outsourcing. STI Working paper 1, OECD, 2006.
- [Bo07] Botta, C.: Rahmenkonzept zur Entwicklung von Product-Service Systems: Product-Service Systems Engineering, Eul Verlag, 2007.
- [Bo89] Bossel, H.: Simulation dynamischer Systeme, Vieweg Verlag, 1989.
- [Bo92] Bossel, H.: Modellbildung und Simulation – Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, Vieweg Verlag, 1992.
- [BP01] Bézivin, J.; Ploquin, N.: Tooling the MDA framework – a new software maintenance and evolution scheme proposal, 2001, <http://www.sciences.univnantes.fr/info/perso/permanents/ploquin/Publications/joop01.pdf>. Letzter Zugriff am 03.03.2011.
- [Br03a] vom Brocke, J.: Referenzmodellierung. Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen. Dissertation Universität Münster, 2003.
- [Br03b] Breyfogle, F.B.: Implementing Six SIGMA: Smarter Solutions Using Statistical Methods. Wiley & Sons, New Jersey, 2003.
- [Br06] vom Brocke, J.: Serviceorientiertes Prozesscontrolling. Gestaltung von Organisations- und Informationssystemen bei Serviceorientierten Architekturen, Münster, 2006.
- [Br08] Bruhn, M.: Qualitätsmanagement für Dienstleistungen, Berlin, 2008.
- [Br10] Bretzke, W.R.: Logistische Netzwerke, Springer Verlag, 2010.
- [Br11] Bruhn, M.: Commodities im Dienstleistungsbereich. Besonderheiten und Implikationen für das Marketing. In: Enke, M.; Geigenmüller, A. (Hrsg.): Commodity Marketing. Grundlagen, Besonderheiten, Erfahrungen, S. 57-77, Gabler Verlag, 2011.
- [Br82] Brodie, M.: Axiomatic definitions for data model semantics Information Systems, Volume 7, Issue 2, S. 183-197, 1982.
- [Br90] Brenig, H.: Informationsbezogene Schnittstellen bei industriellen Produktionsprozessen, IM Information Management, 5, S. 19-29, 1990.
- [BRJ07] Booch, G.; Rumbaugh, J.; Jacobson, I.: Das UML-Benutzerhandbuch. Addison-Wesley, München, 2007.
- [BRS95] Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R.: Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung. In: Wirtschaftsinformatik, Volume 37(5), S. 435-445, Vieweg + Teubner Verlag, 1995.

- [BRU00] Becker, J.; Rosemann, M.; v. Uthmann, C.: Guidelines of Business Process Modeling. In: van der Aalst, W.M.P.; Desel, J.; Oberweis, A. (Hrsg.): Business Process Management, LNCS 1806, S. 30-49, Springer Verlag, 2000.
- [BS04a] Botta, C.; Steinbach, M.: Integrated View on Products and Services – Product-Service Systems. Proceedings of the 5th Conference on Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises (MITIP 2004), German Research Center for Artificial Intelligence, Saarbrücken/Germany, S. 37-42, 2004.
- [BS04b] Becker, J., Schütte, R.: Handelsinformationssysteme, Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main, 2004.
- [BS05] Benkenstein, M.; von Stenglin, A.: Prozessorientiertes Qualitätscontrolling von Dienstleistungen. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Dienstleistungscontrolling – Forum Dienstleistungsmanagement, S. 56-70, Gabler Verlag, 2005.
- [BS06a] Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.: Service Engineering: Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen, Springer Verlag, 2006.
- [BS06b] Bullinger, H.-J.; Schreiner, P.: Service Engineering: Ein Rahmenkonzept für die systematische Entwicklung von Dienstleistungen. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.: Service Engineering, Springer Verlag, S. 53-84, 2006.
- [BS07] Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Forum Dienstleistungsmanagement: Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen, Gabler Verlag, 2007.
- [BS11] Bensch, S.; Schrödl, H.: Purchasing Product-Service Bundles in Value Networks – Exploring The Role of SCOR, Proceedings of the 19th European Conference on Information Systems – ICT and Sustainable Service Development (ECIS 2011), S. 1-12, 2011.
- [BSS07] Benkenstein, M.; Steiner, S.; Spiegel, T.: Die Wertkette in Dienstleistungsunternehmen. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen, Teil A, 1, S. 51-70, 2007.
- [BST11] Bensch, S.; Schrödl, H.; Turowski, K.: Beschaffungsmanagement für hybride Leistungsbündel in Wertschöpfungsnetzwerken – Status Quo und Gestaltungsperspektiven. In: Bernstein, A.; Schwabe, G. (Hrsg.): Proceedings of the 10th International Conference on Wirtschaftsinformatik WI 2011, Volume 1, S. 231-240, 2011.
- [BT09] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); TNS Infratest: ePerformance Report 2009: IKT-Standort Deutschland im europäischen Vergleich, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/monitoring-iuk-5-performance-report,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>. Letzter Zugriff am 06.09.2012.
- [Bu00] Burr, W.: Modularisierung, Leistungstiefengestaltung und Systembündelung bei technischen Dienstleistungen: Ansätze zu einer ökonomischen Fundierung des Service Engineerings in Dienstleistungsunternehmen. Habilitation Universität Hohenheim, 2000.
- [Bu01] Buchwalter, J.: Elektronische Ausschreibungen in der Beschaffung: Referenzprozessmodell und prototypische Realisierung. Dissertation Universität Essen, 2001.
- [Bu02] Burr, W.: Service Engineering bei technischen Dienstleistungen: eine ökonomische Analyse der Modularisierung, Leistungstiefengestaltung

- und Systembündelung (Band 286), Wiesbaden, DUV, 2002.
- [Bu03] Bussler, C.: B2B Integration, Springer Verlag, 2003.
- [Bu05] Busse, D.: Innovationsmanagement industrieller Dienstleistungen: Theoretische Grundlagen und praktische Gestaltungsmöglichkeiten, Deutscher Universitäts-Verlag, 2005.
- [Bü06] Büchs, A.: Das VOB-Baustellenhandbuch, Forum Verlag Herkert, 2006.
- [Bu09] Burianek, F.: Vertragsgestaltung bei hybriden Leistungsangeboten – eine ökonomische Betrachtung. Dissertation Technische Universität München, Gabler Verlag, 2009.
- [Bu96] Buxmann, P.: Standardisierung betrieblicher Informationssysteme, DUV, 1996.
- [BV07] Backhaus, K.; Voeth, M.: Industriegütermarketing, Vahlen Verlag, 2007.
- [BZB+09] Bungartz, H.-J.; Zimmer, S.; Buchholz, M.; Pflüger, D.: Modellbildung und Simulation: Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer Verlag, 2009.
- [Ca09] Capgemini: Studie IT-Trends 2009 – Zukunft sichern in der Krise, 2009.
- [Ca89] Carlzon, J.: Moments of Truth, New York, 1989.
- [CAA06] Cohen, M.; Agrawal, N.; Agrawal, V.: Winning in the Aftermarket. Harvard Business Review May, S. 129-138, 2006.
- [CC05] Cook, C.; Churcher, N.: Modelling and Measuring Collaborative Software Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2005.
- [CE05] Centre for Management Development, European School of Management and Technology (esmt): European Spend Agenda 2005. London Business School, http://www.beschaffung-aktuell.de/home/-/article/16537505/26184926/Einsparziele-setzen-Einkäufer-erheblich-unter-Druck/art_co_INSTANCE_0000/maximized/. Letzter Zugriff am 23.02.2012.
- [CG03] Corsten, H.; Gössinger, R.: Rahmenkonzept zur integrativen Modellierung von Dienstleistungen. In: Schriften zum Produktionsmanagement, Nr. 58, 2003.
- [CG07] Corsten, H.; Gössinger, R.: Dienstleistungsmanagement, Oldenbourg Verlag, 2007.
- [Ch07] Chuang P.-T.: Combining Service Blueprint and FMEA for Service Design, The Service Industries Journal, 27 (2), S. 91-104, 2007.
- [Ch76] Chen, P.P.-S.: The entity-relationship model – toward a unified view of data; ACM Transactions on Database Systems 1 (1976) 1, S. 9-36, 1976.
- [CH98] Checkland, P., Holwell, S.: Action Research: Its Nature and Validity. In: Systemic Practice and Action Research, Jahrgang 11, Nr. 1, S. 9-21, 1998.
- [CHK+06] Conrad, S.; Hasselbring, W.; Koschel, A.; Tritsch, R.: Enterprise Application Integration, Spektrum Verlag, 2006.
- [CL08] Cassandras, C.G.; Lafortune, S.: Introduction to Discrete Event Systems, Springer Verlag, 2008.
- [CLO+09] Che, H.; Li, Y.; Oberweis, A.; Stucky, W.: Web Service Composition Based on XML Nets, HICSS 2009, S. 1-10, 2009.

- [CM06] Cudré-Mauroux, P.: Emergent semantics: Rethinking Interoperability for Large Scale Decentralized Information Systems, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, 2006.
- [CM07] Chopra, S.; Meindl, P.: Supply Chain Management. Strategy, Planning and Operation, Pearson Prentice Hall, 2007.
- [CMJ+07] Che, H.; Mevius, M.; Ju, Y.; Stucky, W.; Trunko, R.: A Method for Inter-organizational Business Process Management, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, China, 2007.
- [Co70] Codd, E.F.: A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. In: Communications of the ACM 6/13/1970, S. 377-387, 1970.
- [Co79] Codd, E.F.: Extending the relational model to capture more meaning, ACM Transactions on Database Systems, 1979.
- [Co84] Corsten, H.: Zum Problem der Mehrstufigkeit in der Dienstleistungsproduktion. In: Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung, 30. Jahrgang 1984, H. 3, S. 253-272, 1984.
- [Co85] Corsten, H.: Die Produktion von Dienstleistungen. Betriebswirtschaftliche Studien 51, Erich Schmidt Verlag GmbH, 1985.
- [Co90a] Corsten, H.: Betriebswirtschaftslehre der Dienstleistungsunternehmen, Oldenbourg Verlag, 1990.
- [Co90b] Codd, E.F.: The Relational Model for Database Management – Version 2, Addison Wesley Publishing Company, S. 22-25, Massachusetts, 1990.
- [Co95] Corsten, H.: Beschaffungsmanagement – Konzeption und Aufgabenbereiche. In: Corsten, H.; Reiss, M. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensführung. Konzepte – Instrumente -Schnittstellen, S. 573-586, Wiesbaden, 1995.
- [Co96] Corsten, H.: Grundlagen und Elemente des Prozessmanagements Nr. 4 der Schriften zum Produktionsmanagement, Kaiserslautern, 1996.
- [CR03] CAPS Research: Managing your „Services Spend“ in today’s services economy, Tempe, 2003.
- [Cr03a] Croxton, K.L.: The Order Fulfillment Process. In: The International Journal of Logistics Management, Volume 14, Nr. 1, S. 19-32, 2003.
- [Cr03b] Crawford, M.: ebXML Core Components Technical Specification 2.01. Technical Report, UN/CEFACT, November 2003.
- [CS97] Carr, A.S.; Smeltzer, L.R.: An empirically based operational definition of strategic purchasing, European Journal of Purchasing & Supply Management, Volume 3, No. 4, S. 199-207, 1997.
- [CSC04] Computer Sciences Corporation (CSC): The Second Annual Global Survey of Supply Chain Progress, 2004.
- [Da00] Davenport, T. H.: Mission Critical. Realizing the Promise of Enterprise Systems, Harvard Business Press, 2000.
- [DAH05] Dumas, M.; van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.: Process-aware information systems: Bridging people and software through process technology, Wiley & Sons, 2005.
- [DB08] Decker, G.; Barros, A.: Interaction Modeling using BPMN, Proceedings of the 2007 international conference on Business process management (BPM’07), S. 208-219, 2008.
- [DB12] Dun & Bradstreet: Data Universal Numbering System (D-U-N-S),

- <http://www.dnbgermany.de/geschaeftsbereiche/supply-management-solutions/produkte-loesungen/d-u-n-sa-nummer/>. Letzter Zugriff am 09.12.2012.
- [DB96] Dobler, D.W.; Burt, D.N.: Purchasing and supply management: Text and cases, 6. Edition, New York McGraw-Hill, 1996.
- [DE00] Desel, J.; Erwin, T.: Modeling, Simulation, and Analysis of Business Processes. In: van der Aalst, W.M.P.; Desel, J.; Oberweis, A.: Business Process Management Models, Techniques, and Empirical Studies, Lecture Notes in Computer Science, Volume 1806, S. 129-141, Springer Verlag, 2000.
- [De05] Delp, M.: Ein Referenzmodell für die Herstellung von Fachmedienprodukten. Dissertation Universität Stuttgart, 2005.
- [De08] Decker, G.: Choreographiemodellierung – Eine Übersicht. Informatik Spektrum, 31(2), S. 161-166, 2008.
- [De09] Decker, G.: Design and Analysis of Process Choreographies. Dissertation Universität Potsdam, 2009.
- [DGS95] Deiters, W.; Gruhn, V.; Striemer, R.: Der FUNSOFT-Ansatz zum integrierten Geschäftsprozessmanagement, Wirtschaftsinformatik (1995), Volume 37, Issue 5, S. 459-466, 1995.
- [Di09a] Diaz, M.: Petri Nets – Fundamental Models, Verification and Applications, Wiley, 2009.
- [Di09b] Dietl, H.: Service Supply Chain – Service Management, http://www.business.uzh.ch/professorships/som/stu/Teaching/Teaching/Serviceinnovation_Prozessanalyse.pdf. Letzter Zugriff am 07.01.2012.
- [Di99] Dietz, J.L.G.: Understanding and modelling business processes with DEMO. In: Proceedings 18th International Conference on Conceptual Modeling (ER), Volume 1728 of LNCS, S. 188-202, Paris, France, Springer Verlag, 1999.
- [DIN02a] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN PAS 1018:2002-12: Grundstruktur für die Beschreibung von Dienstleistungen in der Ausschreibungsphase, 2002.
- [DIN02b] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN PAS 1019:2002-12: Strukturmodell und Kriterien für die Auswahl und Bewertung investiver Dienstleistungen, 2002.
- [DIN03] Deutsches Institut für Normung: DIN 31051:2003-06: Fundamentals of Maintenance, DIN Standard, 2003.
- [DIN05] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN PAS 1047:2005-01: Referenzmodell für die Erbringung von industriellen Dienstleistungen – Störungsbehebung, 2005.
- [DIN06] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN 13269:2006-10: Instandhaltung – Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen, DIN Standard, 2006.
- [DIN07] Deutsches Institut für Normung (DIN): PAS 1074:2007-09: myOpenFactory: Prozess- und Datenstandard für die überbetriebliche Auftragsabwicklung, 2007.
- [DIN08] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN ISO 9001:2008 Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen, 2008.
- [DIN09a] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN PAS 1090:2009-04 Anforderungen an Informationssysteme zur Erhebung, Kommunikation und

- Bereitstellung relevanter Serviceinformationen im Technischen Kundendienst, 2009.
- [DIN09b] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN PAS 1094:2009-12 Hybride Wertschöpfung – Integration von Dienst- und Sachleistung, 2009.
- [DIN10a] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 13306: 2010-12: Maintenance terminology, DIN Standard, 2010.
- [DIN10b] Deutsches Institut für Normung (DIN): ISO 13584-42:2010: Industrial automation systems and integration -- Parts library -- Part 42: Description methodology: Methodology for structuring parts families, 2010.
- [DIN10c] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN PAS 1091:2010-01 Schnittstellenspezifikationen zur Integration von Sach- und Dienstleistung, 2010.
- [DIN11] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4000-1:2011-03: Sachmerkmal-Listen, Begriffe und Grundsätze, 2011.
- [DIN14] Deutsches Institut für Normung (DIN): European Standardization: A Successful Model of Public-Private Partnership, Progress Report, 2014, http://www.din.de/sixcms_upload/media/2896/DIN_Stand_Package_Report_FINAL.pdf. Letzter Zugriff am 28.02.2014.
- [DIN76] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 24420-1:1976-09, Ersatzteillisten; Allgemeines, 1976.
- [DIN83] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN ISO 66001:1983-12: Informationsverarbeitung; Sinnbilder und ihre Anwendung, 1983.
- [DIN87a] Deutsches Institut für Normung (DIN): Normung von Schnittstellen für die rechnerintegrierte Produktion (CIM): Standortbestimmung und Handlungsbedarf: Kommission Computer integrated Manufacturing (KCIM), Band 15 von DIN-Fachbericht, Beuth Verlag, 1987.
- [DIN87b] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 32705, Klassifikationssysteme; Erstellung und Weiterentwicklung von Klassifikationssystemen, Beuth Verlag, 1987.
- [DIN98] Deutsches Institut für Normung (DIN)-Fachbericht 75: Service Engineering – Entwicklungsbegleitende Normung (EBN) für Dienstleistungen, 1998.
- [DJL+03] Desel, J.; Juhas, G.; Lorenz, R.; Neumair, C.: Modeling and Validation with VipTool. In: LNCS 2678, S. 380-389, 2003.
- [DLS03] Dorloff, D.; Leukel, J.; Schmitz, J.: Handelbarkeit von Dienstleistungen auf elektronischen Märkten, Proceedings der 5. Paderborner Frühjahrs-tagung "Innovationen im E-Business", S. 429-437, 2003.
- [DM02] Daum, B.; Merten, U.: System Architecture with XML, Morgan Kaufmann, 2002.
- [Do02] Dorloff, F.-D.: „Standards – die neue Sprache für E-Business?“, S. 46, 2002.
- [Do04] van Doorn, J.: Zufriedenheitsdynamik. Eine Panelanalyse bei industriellen Dienstleistungen, Wiesbaden, 2004.
- [Do80] Donabedian, A.: The Definition of Quality and Approaches to Its Assessment. Explorations in Quality Assessment and Monitoring, Volume I, Ann Arbor, 1980.
- [DO96] Desel, J.; Oberweis, A.: Petri-Netze in der Angewandten Informatik: Einführung, Grundlagen und Perspektiven. In: Wirtschaftsinformatik, Volume 38(4), S. 359-367, Vieweg + Teubner Verlag, 1996.

- [DOZ+97] Desel, J.; Oberweis, A.; Zimmer, T.; Zimmermann, G.: A Test Case Generator for the Validation for High-Level Petri Nets. In: Proceedings for the IEEE 6th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (EFTA'97), 1997.
- [DW07a] Decker, G.; Weske, M.: Behavioral consistency for b2b process integration. In: Krogstie, J.; Opdahl, A.; Sindre, G. (Hrsg.): Advanced Information Systems Engineering, 19th International Conference, CAiSE 2007, Trondheim, Norwegen, Proceedings, Lecture Notes in Computer Science, Volume 4495, S. 81-95, Springer Verlag, 2007.
- [DW07b] Decker, G.; Weske, M.: Local Enforceability in Interaction Petri Nets. In: Proceedings 5th International Conference on Business Process Management (BPM), Volume 4714 of LNCS, S. 305-319, Springer Verlag, 2007.
- [eBus13] eBusInstand Projektportal: <http://www.ebusinstand.de>. Letzter Zugriff am 24.11.2013.
- [EC11a] eCl@ss e. V.: Klassifikationsstruktur Instandhaltung, <http://www.eclass.de/Home/Suche-in-eCl@ss/3463.de?no=intro&PHPSESSID=62bc24a502e630a9e7d9b28f586fb474>. Letzter Zugriff am 21.06.2011.
- [EC11b] eCl@ss e. V.: eCl@ss Release 7.0, Stand: Februar 2011, <http://www.ecl@ss.de>. Letzter Zugriff am 11.08.2011.
- [Ec12] Eclipse: <http://www.eclipse.org/downloads>. Letzter Zugriff am 14.04.2012.
- [EC12] Electronic Commerce Code Management Association (ECCMA): EC-CMA Open Technical Dictionary (eOTD), <http://www.ecma.org/whyeotd.php>. Letzter Zugriff am 14.11.2012.
- [EG81] Engelhardt, H.W.; Günter, B.: Investitionsgüter-Marketing, Stuttgart, 1981.
- [Ei10] Einsporn, T.: Moderne Trends für die Gestaltung von Geschäftsprozessen, Mitgliedsvortrag 2010, [http://www.cetima.de/wcms/RA/10120731754SH/\\$FILE/Vortrag-eCl@ss.pdf](http://www.cetima.de/wcms/RA/10120731754SH/$FILE/Vortrag-eCl@ss.pdf). Letzter Zugriff am 02.12.2012.
- [EJB13] Enterprise Java Beans (EJB): http://www.omg.org/technology/documents/profile_catalog.htm. Letzter Zugriff am 10.04.2013.
- [EKM02] Eyholzer, K.; Kuhlmann, W.; Münger, T.: Wirtschaftlichkeitsaspekte eines partnerschaftlichen Lieferantenmanagements. In: HDM – Praxis der Wirtschaftsinformatik, Heft 228 (2002), S. 66-76, 2002.
- [EKO95] Elgass, P.; Krcmar, H.; Oberweis, A.: Geschäftsprozessmodellierung: Von der informalen Prozessstruktur zum formalen Ablaufmodell. In: Proceedings Gemeinsames Treffen der GI-Fachgruppen EMISA und MobIS, Münster, Oktober 1994, EMISA FORUM, Heft 1, 1995.
- [EKO96] Elgass, P.; Krcmar, H.; Oberweis, A.: Von der informalen zur formalen Prozessmodellierung. In: Vossen, G.; Becker, J.: Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management – Modelle, Methoden, Werkzeuge, Thomson Verlag, 1996.
- [EKR93] Engelhardt, W.H.; Kleinaltenkamp, M.; Reckenfelderbäumer, M.: After-Sales Services im Investitionsgütermarketing. Trends und Perspektiven. In: Droege, W.; Backhaus, K.; Weiber, R. (Hrsg.): Strategien für Investitionsgütermärkte. Antworten auf neue Herausforderungen. Moderne Industrie, S. 377-391, 1993.

- [EI03] Elance Inc.: CFOs on services procurement and management. Elance's narrative summary on Forrester's CFO omnibus study, December 2002, o.O., 2003.
- [EL99] Eiglier, P.; Langeard, E.: *Servuction. Le marketing de service*, Paris, 1999.
- [Em05] Emmerich, A.: Ein Beitrag zur systematischen Entwicklung produktorientierter Dienstleistungen. Dissertation Universität Paderborn, 2005.
- [EN04] Elmasri, R.; Navathe, S.: *Fundamentals of Database Systems*, Addison Wesley, Fourth Edition, 2004.
- [Er02] Erwin, T.: Entwurf von Geschäftsprozessen mit Petrinetzen. Dissertation Universität Karlsruhe, 2002.
- [Er04] Erl, T.: *Service-Oriented Architecture: Concept, Technology, and Design*, Prentice Hall PTR, 2004.
- [Er05] Ernst, G.: Integration von Produkt und Dienstleistung – Hybride Wertschöpfung, DLR-PT des BMBF: Arbeitsgestaltung und Dienstleistungen, 2005.
- [ER06] Engelhardt, W.H.; Reckenfelderbäumer, M.: Industrielles Service-Management. In: Kleinaltenkamp, M.; Plinke, W.; Jacob, F.; Sö, A. (Hrsg.): *Markt- und Produktmanagement, Teil I*, S. 9-318, 2006.
- [ETB04] Ellram, L.; Tate, W.; Billington, C.: 'Understanding and Managing the Services Supply Chain', *Journal of Supply Chain Management*, Volume 40, Issue 4, 2004.
- [ETIM12] ElektroTechnisches InformationsModell (ETIM): Das Klassifizierungsmodell der Elektrobranche, <http://www.etim.de>. Letzter Zugriff am 09.12.2012.
- [EU10] EU-Kommission (Hrsg.): Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen. (2003/361/EG). Artikel 2 des Anhangs, S. 36-41. Letzter Zugriff am 15.10.2010.
- [Fa98] Fähnrich, K.-P.: Service Engineering: Perspektiven einer noch jungen Fachdisziplin. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *IM – Die Fachzeitschrift für Information Management & Consulting*, 13. Jahrgang, Sonderausgabe, Service Engineering, S. 37-39, 1998.
- [FB05] Feldbrügge, R.; Brecht-Hadraschek, B.: *Prozessmanagement leicht gemacht. Wie analysiert und gestaltet man Geschäftsprozesse?*, Redline Wirtschaft Verlag, 2005.
- [FB96] Freter, H.; Baumgarth, C.: Komplexer als Konsumgüter-Marketing, In: *Markenartikel*, 58. Jahrgang (1996), H. 10, S. 482-489, 1996.
- [FBM+98] Fischer, T.; Biskup, H.; Müller-Luschnat, G.: Begriffliche Grundlagen für Vorgehensmodelle. In: Kneuper, R.; Müller-Luschnat, G.; Oberweis, A. (Hrsg.): *Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung*, Stuttgart, 1998.
- [FD12] f.data: Klassifizierungsinitiative bau:class der Baubranche, <http://www.fdata.de>. Letzter Zugriff am 09.12.2012.
- [Fe06] Fettke, P.: Referenzmodellevaluation. Konzeption der strukturalistischen Referenzmodellierung und Entfaltung ontologischer Gütekriterien, LOGOS Verlag, 2006.
- [Fe80] Feierabend, R.: Beitrag zur Abstimmung und Gestaltung unternehmensübergreifender logistischer Schnittstellen, Schriftenreihe der Bundes-

- vereinigung Logistik e. V., Band 4, S. 1-79, 1980.
- [FF01] Fitzsimmons, J.A.; Fitzsimmons, M.J.: Service Management: Operations, Strategy, and Information Technology, 3rd Edition Irwin/McGraw-Hill, 2001.
- [FG08] Freud, J.; Götzer, K.: Vom Geschäftsprozess zum Workflow, Hanser Verlag, 2008.
- [FH08] Fromm, J.; Hofmann, J.: Wirtschaftlichkeit und Interoperabilität des „Modernen Verwaltungsarbeitsplatz“ (MVAP) an Musterprozessen in Arbeitsschutz, Wiesbaden, 2008.
- [Fi09] Fingar, P.: Extreme Competition, BP Trend Column, <http://www.bptrends.com/publicationfiles/10-09-COL%20Extreme%20Competition-Service%20Process%20Mgt-Fingar-FINAL.pdf>. Letzter Zugriff am 19.05.2012.
- [Fi96] Fishman, G.S.: Monte Carlo: concepts, algorithms, and applications, Springer Verlag, 1996.
- [Fl01] Fleisch, E.: Das Netzwerkunternehmen: Strategien und Prozesse zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit in der "Networked Economy", Springer Verlag, 2001.
- [FL02] Fettke, P.; Loos, P.: Methoden zur Wiederverwendung von Referenzmodellen – Übersicht und Taxonomie. In: Becker, J.; Knackstedt, R. (Hrsg.): Referenzmodellierung – Methoden, Modelle, Erfahrungen. Arbeitsbericht Nr. 90 des Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, S. 9-30, 2002.
- [FL03] Fettke, P.; Loos, P.: Classification of reference models: a methodology and its application. In: Information Systems and e-Business Management, 1. Jahrgang, Nr. 1, S. 35-53, 2003.
- [FL04] Fettke, P.; Loos, P.: Systematische Erhebung von Referenzmodellen – Ergebnisse der Voruntersuchung, Arbeitspapier der Forschungsgruppe Information Systems & Management, Paper 19, Universität Mainz, 2004.
- [Fl06] Fließ, S.: Prozessorganisation in Dienstleistungsunternehmen, Stuttgart, 2006.
- [FL07] Fettke, P.; Loos, P.: Perspectives on Reference Modeling. In: Fettke, P., Loos, P. (Hrsg.): Reference Modeling for Business System Analysis, Hershey, 2007.
- [Fl10] Forschungsprojekt FlexNet: <http://www.flexnet.uni-muenster.de>. Letzter Zugriff am 21.06.2011.
- [FLR+04] Frank, D.; Lücke, T.; Roesgen, R.; Schiegg, P.: Erfolgsstrategien zur Einführung einer Standardortübergreifenden Planung am Beispiel von Unternehmen der Pharma- und Bekleidungsindustrie. In: Baumgarten, H.; Becker, J.; Weindahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Logistik Management: Strategien – Konzepte – Praxisbeispiele, Springer Verlag, 2004.
- [FM99] Fähnrich, K.-P.; Meiren, T.: Service Engineering – Ergebnisse einer empirischen Studie zum Stand der Dienstleistungsentwicklung in Deutschland, Fraunhofer IRB Verlag, 1999.
- [FMS09] Früh, K. F.; Maier, U.; Schaudel, D.: Handbuch der Prozessautomatisierung, Oldenbourg Verlag, 2009.
- [FNT98] Fitzsimmons, J.A.; Noh, J.; Thies, E.: Purchasing Business Services. In: Journal of Business & Industrial Marketing, Volume 13, No. 4/5, S.

- 370-380, 1998.
- [Fo03] Fowler, M.: UML konzentriert, Addison-Wesley, München, 2003.
- [Fo05] Forrer, U.: Die Komplexität der Interoperabilität – Ein einfacher Praxisbericht aus der Ostschweiz. In: Carosio, A. (Hrsg.): Interoperabilität für die breite Nutzung von Geoinformation, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, 2005, S. 91-99, http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Graue_Berichte_PDF/298d.pdf. Letzter Zugriff am 17.04.2011.
- [Fo88] Forschner, G.: Investitionsgüter- Marketing mit funktionalen Dienstleistungen – die Gestaltung immaterieller Produktbestandteile im Leistungsangebot industrieller Unternehmen, Duncker & Humblot, 1988.
- [Fo96] Fowler, M.: Analysis Patterns: Reusable Objects Models, Addison-Wesley, 1996.
- [FP10] Fowler, M.; Parsons, R.: Domain-Specific Languages, Addison-Wesley, 2010.
- [Fr05] Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation: BMEcat 2005, 2005, <http://www.bmecat.org>. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [FR07] France, R.; Rumpe, B.: Model-driven Development of Complex Software: A Research Roadmap, International Conference on Software Engineering, Future of Software Engineering, IEEE Computer Society Washington, DC, USA, 2007.
- [Fr07] Frank, U.: Evaluation of reference models. In: Fettke, P.; Loos, P. (Hrsg.): Reference modeling for business systems analysis, Idea group, S. 118-140, Hershey et al., 2007.
- [FR10] Freund, J.; Rücker, B.: Praxishandbuch BPMN 2.0, Carl Hanser Verlag, 2010.
- [Fr12] Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation: openTRANS, <http://www.opentrans.de>. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [Fr94a] Frehr, H.-U.: Total Quality Management. Unternehmensweite Qualitätsverbesserung, München/Wien, 1994.
- [Fr94b] Frank, C.: Strategische Partnerschaften in mittelständischen Unternehmen: Option zur Sicherung der Eigenständigkeit, 1994.
- [Fr99] Frank, U.: Eine Architektur zur Spezifikation von Sprachen und Werkzeugen für die Unternehmensmodellierung, Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Koblenz, 1999.
- [FS01] Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik, Oldenbourg Verlag, 2001.
- [FS90] Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Objektmodellierung betrieblicher Informationssysteme im Semantischen Objektmodell (SOM). In: Wirtschaftsinformatik 32 (1990) 6, S. 566-581, 1990.
- [FS96] Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Geschäftsprozess-Modellierung im Rahmen des Semantischen Objektmodells. In: Vossen, G.; Becker, J. (Hrsg.): Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management, S. 47-61, Thomson Publishing, 1996.
- [FTW10] Frotscher, T.; Teufel, M.; Wang, D.: Java Web Services mit Apache Axis2, entwickler.press, 2010.
- [Fu07] Fuchs, C.: Life Cycle Management investiver Produkt-Service Systeme – Konzept zur lebenszyklusorientierten Gestaltung und Realisierung, Technische Universität Kaiserslautern, 2007.

- [Fu93] Fujimoto, R.M.: Parallel and distributed discrete event simulation: algorithms and applications, Proceedings of the 25th conference on Winter simulation, S. 106-114, Los Angeles, California, USA, ACM, 1993.
- [FW80] Fuchs-Wissemann, G.: Die Abgrenzung des Rahmenvertrags vom Sukzessivlieferungsvertrag, Phillips-Universität zu Marburg, 1980.
- [FZ09] Finger P.; Zeppenfeld, K.: SOA und Webservices, Springer Verlag, 2009.
- [Ga07] Gaitanides, M.: Prozessorganisation, Vahlen Verlag, 2007.
- [Ga09] Gartner Group: Total Cost of Ownership (TCO), <http://www.gartnergroup.com>. Letzter Zugriff am 03.12.2009
- [Ga12a] Gabler Verlag (Herausgeber): Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Auftragsabwicklung, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/72984/auftragsabwicklung-v6.html>. Letzter Zugriff am 15.07.2012.
- [Ga12b] Gabler Verlag (Herausgeber): Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: ERP, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3225/erp-v10.html>. Letzter Zugriff am 15.07.2012.
- [Ga12c] Gabler Verlag (Herausgeber): Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Business Intelligence, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/75968/business-intelligence-v6.html>. Letzter Zugriff am 15.07.2012.
- [GAEB09] Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB): GAEB DA XML Datenaustausch Version 3.1, 2009, <http://www.gueb-da-xml.de>. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [GB05] Gamma, E.; Beck, K.: Eclipse erweitern. Prinzipien, Patterns und Plug-Ins, Addison-Wesley, 2005.
- [GDW09] Grosskopf, A.; Decker, G.; Weske, M.: The Process. Business Process Modeling Using BPMN, Meghan-Kiffer Press, Tampa/Florida, 2009.
- [Ge05] Geimer, H: Komplexitätsmanagement globaler Supply Chains. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 42 (2005), Nr. 6, S. 38-46, 2005.
- [Ge95] Genderka, M.: Objektorientierte Methode zur Entwicklung von Produktmodellen als Basis Integrierter Ingenieursysteme, Shaker Verlag, 1995.
- [GFIN11] Gesellschaft für Instandhaltung e. V. (GFIN), <http://www.gfin-portal.de/>. Letzter Zugriff am 15.10.2011.
- [GG99] Gehring, H.; Gadatsch, A.: Ein Rahmenkonzept für die Prozessmodellierung. In: Information Management Consulting, 14(4), S. 69-74, 1999.
- [GHF06] Gebauer, H.; Hildenbrand, K.; Fleisch, E.: Servicestrategien für die Industrie, Harvard Business Manager, Jahrgang 28 Nr. 5, S. 47-55, 2006.
- [GHJ+01] Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J.: Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison-Wesley, 2001.
- [Gi06] Gizanis, D.: Kooperative Auftragsabwicklung. Architektur, Praxisbeispiele und Nutzenpotenziale. Dissertation Universität St. Gallen, 2006.
- [Gi99] Gipser, M.: Systemdynamik und Simulation, Teubner Verlag, 1999.
- [GK07] Gross, T.; Koch, M.: Computer-Supported Cooperative Work, Oldenbourg Verlag, 2007.
- [GL10] Gronau, N.; Lindemann, M.: Einführung in das Informationsmanagement, GITO Verlag, 2010.

- [Gl11] Glenn, P.A.: Strategisches Management industrieller Dienstleistungen aus systemdynamischer Sicht. Dissertation Karlsruher Institut für Technologie, 2011.
- [GL81] Genrich, H.J.; Lautenbach, K.: System Modelling with High-Level Petri Nets, Theoretical Computer Science, Volume 13, 1981.
- [GM94] Graw, L.H.; Maples, D.M.: Service Purchasing: What Every Buyer Should Know, 1994.
- [Go02] Goeken, M.: Grundlagen und Ansätze einer Referenzmodellierung für Führungsinformationssysteme. Philipps-Universität Marburg, Fachbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 03, Marburg, 2002.
- [GO04] Grönroos, C.; Ojasalo, K.: Service productivity. Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in service. In: Journal of Business Research 57(4), S. 414-423, 2004.
- [Go72] Goguen, J.A.: Systems and minimal Realization. In: Proceedings of 1971 Conference on Decision and Control including the 10th Symposium on Adaptive Processes, S. 42-46, Miami Beach, 1972.
- [Gr03] Grönroos, C.: Service Management and Marketing – A Customer Relationship Management Approach, 2nd Edition Reprint, John Wiley & Sons, Chichester (GB), 2003.
- [Gr10] Grimm, A.: Prozessorientierter Umgang mit Anforderungen für die kundenspezifische Auftragsabwicklung. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 2010.
- [Gr82] Grönroos, C.: Strategic Management and Marketing in the Service Sector, 1982.
- [Gr90] Grönroos, C.: Service Management and Marketing: Managing the moments of truth in service competition, Lexington Books, 1990.
- [Gr93] Graßy, O.: Industrielle Dienstleistungen – Diversifikationspotentiale für Industrieunternehmen. Dissertation der Universität Augsburg, Verlag der Fördergesellschaft Marketing (FGM) e. V., München, 1993.
- [Gr94] Grönroos, C.: A Service Quality Model and its Marketing Implications. In: European Journal of Marketing, 18(4), S. 36-44, 1994.
- [GS1a] GS1 Germany: Global Trade Item Number (GTIN), <http://www.gs1-germany.de/gs1-standards/identifikation/artikel-gtin-sgtin/>. Letzter Zugriff am 02.12.2012.
- [GS1b] GS1 Germany: Global Location Number (GLN), <http://www.gs1.org/barcodes/technical/idkeys/gln>. Letzter Zugriff am 02.12.2012.
- [GS1c] GS1 Germany: GS1-XML, <http://www.gs1-germany.de/gs1-standards/datenaustausch/gs1-xml/>. Letzter Zugriff am 02.12.2012.
- [GS1d] GS1 Germany: Produktklassifikation GPC, <http://www.gs1-germany.de/gs1-standards/klassifikation/produktklassifikation-gpc/>. Letzter Zugriff am 02.12.2012.
- [GS1e] GS1 Germany: UN/EDIFACT, http://www.gs1-germany.de/standards/ebusiness/eacom/un_edifact/index_ger.html. Letzter Zugriff am 26.10.2011.
- [GS1f] GS1 US: RosettaNet, OVERVIEW CLUSTERS, SEGMENTS, AND Partner Interface Processes (PIPs), http://www.rosettanet.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?TabId=2979&DMXModule=624&Command=Core_Download&Method=attachment

- &EntryId=9873&PortalId=0. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [GS80] Grochla, E.; Schönbohm, P.: Beschaffung in der Unternehmung. Einführung in eine umfassende Beschaffungslehre, Sammlung Poeschel P 96, Poeschel Verlag, 1980.
- [GV03] Girault, C.; Valk, R.: Petri Nets for Systems Engineering, Springer Verlag, 2003.
- [GW08] Gebauer, M.; Windheuser, U.: Strukturierte Datenanalyse, Profiling und Geschäftsregeln. In: Hildebrand, K.; Gebauer, M.; Hinrichs, H. et al. (Hrsg.): Daten- und Informationsqualität. Auf dem Weg zur Information Excellence, S. 88-101, Vieweg + Teubner, 2008.
- [Ha02] Haller, A.: Stichwort: „Wertschöpfung“. In: Küpper, H.-U.; Vagenhofer, A. (Hrsg.): Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling, S. 2131-2142, Stuttgart, 2002.
- [Ha03a] Hansmann, H.: Modellierung von Prozessen und Workflows in der Produktion. In: Luczak, H.; Becker, J. (Hrsg.): Workflowmanagement in der Produktionsplanung und -steuerung. Qualität und Effizienz der Auftragsabwicklung steigern, S. 143-161, Springer Verlag, 2003.
- [Ha03b] Hansmann, H.: Architekturen Workflow-gestützter PPS-Systeme. Referenzmodell für die Koordination von Prozessen der Auftragsabwicklung von Einzel- und Kleinserienfertigern. Dissertation Universität Münster, 2003.
- [Ha04] Hamouidia, H.: Planerische Ablaufgestaltung bei prozessorientierten Dienstleistungen. Dissertation Universität Paderborn, 2004.
- [Ha05] Haller, S.: Dienstleistungsmanagement: Grundlagen, Konzepte, Instrumente, Gabler Verlag, 2005.
- [Ha08a] Haasis, H.-D.: Produktions- und Logistikmanagement, Planung und Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen, Gabler Verlag, 2008.
- [Ha08b] von Haaren, B.: Konzeption, Modellierung und Simulation eines Supply-Chain-Risikomanagements. Dissertation Universität Dortmund, 2008.
- [Ha94] Hars, A.: Referenzdatenmodelle – Grundlagen effizienter Datenmodellierung, Wiesbaden, 1994.
- [HB03] Hamadi, R.; Benatallah, B.: A Petri Net-based Model for Web Service Composition, Fourteenth Australasian Database Conference (ADC2003), Adelaide, Australia, CRPIT, Volume 17, S. 191-200, 2003.
- [HB04] Haas, H.; Brown, A.: W3C Web Services Glossary (2004), <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-gloss-2004021>. Letzter Zugriff am 08.11.2011.
- [HB99] Heinzl, A.; Brandt, A.: Simulationsmodelle. In: Weber, J.; Baumgartner, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik, Management von Material- und Warenflussprozessen, S. 392-411, Schäffer Poeschel Verlag, 1999.
- [HBC+09] Higón, D.; Bozkurt, Ö.; Clegg, J.; Grugulis, I.; Salis, S.; Vasilakos, N.; Williams, A.: The Determinants of Retail Productivity: A Critical Review of the Evidence. In: International Journal of Management Reviews 12(2), S. 201-217, 2009.
- [HC03] Hammer, M.; Champy, J.: Business Reengineering – Die Radikalkur für das Unternehmen, Campus Verlag, 2003.
- [HC93] Hammer M.; Champy, J.: Reengineering the Cooperation. A Manifesto

- for Business Revolution, Harper Business, 1993.
- [HDF09] Hoheisel, A.; Dollmann, T.; Fellmann, M.: Überführung von EPK-Modellen in ausführbare Grid- und Cloud-Prozesse. In: Nüttgens, M.; Rump, F. J.; Mendling, J.; Gehrke, N. (Hrsg.): EPK 2009 Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, 8. Workshop der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) und Treffen ihres Arbeitskreises "Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (WI-EPK)", S. 118-137, 2009.
- [He00] Hermsen, M.: Ein Modell zur kundenindividuellen Konfiguration produktnaher Dienstleistungen: Ein Ansatz auf Basis modularer Dienstleistungsobjekte, Shaker Verlag, 2000.
- [He01] Hentrich, J.: B2B-Katalog-Management (E-Procurement und Sales im Collaborative Business), Galileo Business Verlag, 2001.
- [He02a] Heisig, P.: GPO-WM: Methode und Werkzeuge zum geschäftsprozessorientierten Wissensmanagement. In: Abecker, A. et al. (Hrsg): Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement: effektive Wissensnutzung bei der Planung und Umsetzung von Geschäftsprozessen, Springer Verlag, 2002.
- [He02b] Helfert, M.: Planung und Messung der Datenqualität in Data-Warehouse-Systemen. Dissertation Universität St. Gallen, 2002.
- [He03] Hepp, M.: Güterklassifikation als semantisches Standardisierungsproblem, DUV Gabler Edition Wissenschaft, 2003.
- [He06] Herwig, V.: Data Standardization as the Basis for a Service-oriented Architecture, Proceedings of the IEEE Services Computing Workshops (SCW'06), IEEE Computer Society, New York (NY), S. 156-164, 2006.
- [He08] Heinecke, G.; Mairon, K.: Objektorientierte Systemanalyse, Oldenbourg Verlag, 2008.
- [He09] Heinrich, L.J.: Informationsmanagement, Oldenbourg Verlag, 2009.
- [He92] Hentschel, B.: Dienstleistungsqualität aus Kundensicht: Vom merkmalorientierten zum ereignisorientierten Ansatz, Wiesbaden, 1992.
- [He94] van Hee, K.: Information Systems Engineering: A Formal Approach, Cambridge University Press, 1994.
- [HG96] Homburg, C.; Garbe, B.: Industrielle Dienstleistungen. Lukrativ, aber schwer zu meistern. In: Harvard Business Manager, Jahrgang 18, H. 1, S. 68-75, 1996.
- [HGG+12] Hipp, C.; Gotsch, M.; Gliem, S.; Lehmann, C.: Produktivität von Dienstleistungen, Projekt „Forschungswerkstatt: Produktivität von Dienstleistungen (ServProd)“, CLIC Executive Briefing No. 022, 2012.
- [HGH+11] Hildebrand, K.; Gebauer, M.; Hinrichs, H.; Mielke, M.: Daten- und Informationsqualität: Auf dem Weg zur Information Excellence, Vieweg + Teubner Verlag, 2011.
- [HGS+11] Hipp, C.; Gotsch, M.; Schwarz, C.; Weber, L.: Identification of Determinants and Development of a Model of Productivity in the Services Sector, Paper presented at the 21th RESER Conference, 2011.
- [HHH+09] van Hee, K.; Hidders, J.; Houben, G.-H.; Paredaens, J.; Thiran, P.: On the relationship between workflow models and document types, Journal of Information Systems Volume 34, Issue 1, 2009.
- [Hi02] Hinrichs, H.: Datenqualitätsmanagement in Data Warehouse-Systemen. Dissertation Universität Oldenburg, 2002.

- [Hi06] Hildenbrand, K.: Strategisches Dienstleistungsmanagement in produzierenden Unternehmen, Difo-Druck GmbH, 2006.
- [Hi84] Hilke, W.: Dienstleistungs-Marketing aus Sicht der Wissenschaft. In: Diskussionsbeiträge des betriebswirtschaftlichen Seminars der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, o. V., 1984.
- [Hi89] Hilke, W.: Grundprobleme und Entwicklungstendenzen des Dienstleistungsmarketing. In: Hilke, W. (Hrsg.): Dienstleistungsmarketing, S. 5-44, 1989.
- [HK06a] Homburg, C.; Krohmer, H.: Marketingmanagement: Strategien – Instrumente – Umsetzung – Unternehmensführung, Wiesbaden, 2006.
- [HK06b] Hermann, K.; Klein, R.: The TS (2006) Computer aided service engineering – Konzeption eines Service Engineering Tools. In: Bullinger, H.J.; Scheer, A.W. (Hrsg.): Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen, S. 649-678, Springer Verlag, 2006.
- [HK87] Hull, R.; King, R.: Semantic database modelling: survey, applications, and research issues. ACM Computing Surveys 19(3), S. 201-260, 1987.
- [HKR+08] Hitzler, P.; Krötzsch, M.; Rudolph, S.; Sure, Y.: Semantic Web – Grundlagen, Springer Verlag, 2008.
- [HKS08] Herfurth, M.; Karle, T.; Schönthaler, F.: Reference Model for service oriented Business Software based on Web Service Nets, Third AIS SIGSAND European Symposium on Analysis, Design, Use and Societal Impact of Information Systems SIGSAND-EUROPE, 2008.
- [HKT08] Herfurth, M.; Karle, T.; Trunko, R.: Model Driven Implementation of Business Processes Based on Web Service Nets, Proceedings of the 2008 SIWN Congress/ 2nd International Conference on Adaptive Business Systems (ABS 2008), Glasgow, S. 32-38, 2008.
- [HLÖ06] Heutschi, R.; Legner, C.; Österle, H.: Serviceorientierte Architekturen: Vom Konzept zum Einsatz in der Praxis. In: Proceedings of the DW 2006: Integration, Informationslogistik und Architektur, S. 361-382, 2006.
- [HMF92] Hesse, W.; Merbeth, G.; Frolich, R.: Software-Entwicklung Vorgehensmodelle -Projektführung, Produktverwaltung, Oldenbourg Verlag, 1992.
- [HMH+12] Hofmann, E.; Maucher, D.; Hornstein, J.; Den Ouden, R.: Investitionsgütererwerb – Erfolgreiches Beschaffungsmanagement komplexer Leistungen, Advanced Purchasing & SCM 2, Springer Verlag, 2012.
- [HMI12] Horus Model Intelligence: <http://www.horus.biz/horus-iinsidei/leistungsspektrum/horus-enterprise/horus-model-intelligence>. Letzter Zugriff am 23.01.2012.
- [HMS+09] Herfurth, M.; Meinhardt, A.; Schumacher, J.; Weiß, P.: eProcurement for Industrial Maintenance Services, Proceedings of Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks, 10th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2009, Thessaloniki, Griechenland, 2009.
- [HN05a] Hannsmann, H.; Neumann, S.: Prozessorientierte Einführung von ERP-Systemen. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur Prozessorientierten Organisationsgestaltung, S. 329-272, 2005.

- [HN05b] Hansen, H.R.; Neumann, G.: Wirtschaftsinformatik 1. Grundlagen und Anwendungen, 2005.
- [Ho00] Holten, R.: Entwicklung einer Modellierungstechnik für Data Warehouse-Fachkonzepte. In: Schmidt, H: (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme, Proceedings der MobIS-Fachtagung 2000, S. 3-21, 2000.
- [Ho01] Horváth, P.: Controlling, München, Vahlen Verlag, 2001.
- [Ho06] Hoffmann, A.: Interaktionen zwischen Anbietern und Nachfragern bei der Vermarktung und Beschaffung innovativer Dienstleistungen, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006.
- [Ho09] Horn, W.: Dienstleistung Instandhaltung. In: Reichel, J.; Müller, G.; Mandelartz, J. (Hrsg.): Betriebliche Instandhaltung, Springer Verlag, 2009.
- [Hö09] Höning, F.: Methoden Kern des Business Engineering – Metamodell, Vorgehensmodell, Techniken, Ergebnisdokumente und Rollen. Dissertation, Universität St. Gallen, 2009.
- [HP90] Hoover, S.; Perry, R.: Simulation: A problem Solving Approach, Addison-Welley, 1990.
- [HRB07] Hübbers, M.; Rühmann, N.; Bömmels, Y.: Trendstudie: Status Quo der Dienstleistungsstandardisierung 2007, Forschungsinstitut für Rationalisierung e. V. an der RWTH Aachen (FIR), 2007.
- [HRH09] Heinen, M.; Ruck, C.; Hedergott, M.: Beschaffung von Dienstleistungen Erfolgsfaktoren, Herausforderungen und "Leading Practices", [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Beschaffung_von_Dienstleistungen_2009/\\$FILE/Studie_BeschaffungvonDienstleistungen_2009.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Beschaffung_von_Dienstleistungen_2009/$FILE/Studie_BeschaffungvonDienstleistungen_2009.pdf). Letzter Zugriff am 15.11.2011.
- [HS02] Hars, A.; Schlüter-Langdon, C.: Chancen und Risiken für verteilte Informationssysteme, 2002.
- [HS09] Heinrich, L. J.; Stelzer, D.: Informationsmanagement – Grundlagen, Aufgaben, Methoden, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2009.
- [HSS10] Homburg, C.; Schäfer, H.; Schneider, J.: Sales Excellence: Vertriebsmanagement mit System, Gabler Verlag, 2010.
- [HSW11] Herfurth, M.; Schuster, T.; Weiss, P.: Flexible Integration of Service Suppliers in Collaborative Service Procurement Networks, Proceedings of Adaption and value creating collaborative networks: 12th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2011, Sao Paulo, Brazil, 2011.
- [HSW12a] Herfurth, M.; Schuster, T.; Weiss, P.: Meta-Model for Data Harmonization and Business Process Compliance in Service Procurement, Proceedings of Collaborative Networks in the Internet of Services, 13th IFIP Advances in Information and Communication Technology, PRO-VE 2012, Volume 380, Bournemouth, UK, S. 105-113, 2012.
- [HSW12b] Herfurth, M.; Schuster, T.; Weiss, P.: Simulationsbasierte Analyse von Referenzlösungen im Service Procurement. In: Mattfeld, D. C.; Robra-Bissantz, S. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012 (MKWI 2012), GITO mbH Verlag Berlin, 2012.
- [HSW12c] Herfurth, M.; Schuster, T.; Weiß, P.: E-Business for Services: Simulation-based Analysis of E-Business Solution Concepts for Service Procurement Scenarios. In: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.):

- eChallenges e-2012, IIMC International Information Management Corporation, Lisbon, Portugal, Conference Proceedings, October 2012.
- [HSW13a] Herfurth, M.; Schuster, T.; Weiß, P.: Simulation-based Service Process Benchmarking in Product-Service Ecosystems, Proceedings of Collaborative Systems for Reindustrialization, 14th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2013, Dresden, Germany, 2013.
- [HSW13b] Herfurth, M.; Schuster, T.; Weiß, P.: Decision Support Based on Simulation Analysis of Service Procurement Scenarios. In: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.): eChallenges e-2013, IIMC International Information Management Corporation, Dublin, Ireland, Conference Proceedings, October 2013.
- [HU04a] Huang, K.: Drivers For Distributed Order Management Reveals the Targets are Customer Service and Revenue Generation, Yankee Group, Report, Boston (MA), 2004.
- [Hu04b] Huber, M.: Kollaborative Wertschöpfung, Kundenaktivitäten als Basis neuer Wertschöpfungskonstellationen für E-Services. Dissertation Universität München, 2004.
- [Hu11] Huemer, C.: UML Profile for UN/CEFACT's Modeling Methodology (UMM) Foundation Module Version 2.0 Technical Specification, http://www1.unece.org/cefact/platform/download/attachments/44204303/Specification_UMM_Foundation_Module_V2.0_TechnicalSpecification.pdf. Letzter Zugriff am 24.11.2012.
- [Hu98] Hummel, M.: Der Markt für Dienstleistungen. In: Bruhn, M.; Meffert, H. (Hrsg.): Handbuch Dienstleistungsmanagement, S. 53-72, 1998.
- [HW04] Hohpe, G.; Woolf, B.: Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions, Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc., 2004.
- [HW09] Herfurth, M.; Weiß, P.: E-Procurement for Industrial Maintenance Services. In: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.): eChallenges e-2009, IIMC International Information Management Corporation, Istanbul, Turkey, Conference Proceedings, October 2009.
- [HW10a] Herfurth, M.; Weiß, P.: Conceptual Design of Service Procurement for collaborative Service Networks, Proceedings of Collaborative Networks for a Sustainable World, 11th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2010, St. Etienne, France, 2010.
- [HW10b] Herfurth, M.; Weiß, P.: Approach to E-Classification and E-Tradeability of Complex Industrial Services. In: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.): eChallenges e-2010, IIMC International Information Management Corporation, Warsaw, Poland, Conference Proceedings, October 2010.
- [HW11] Weiß, P.; Herfurth, M.: Towards Reusable Service Units and Specifications in Collaborative Service Procurement Systems. In: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.): eChallenges e-2011, Florence, Italy, Conference Proceedings, October 2011.
- [HWR+10] Herfurth, M.; Weiß, P.; Rudolf, C.; Kern, R.: Reducing the Complexity of Services – A new Approach to Service e-Procurement. In: Schumann, M.; Kolbe, L.M.; Breitner, M.H.; Frerichs, A. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2010 (MKWI 2010), Universitätsverlag Göttingen, 2010.

- [Hy07] Forschungsvorhaben HyPro: <http://www.hypro.info>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [Hy09a] Verbundprojekt HyPriCo: <http://www.hyprico.de>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [Hy09b] Forschungsprojekt HyProDesign: <http://www.hyprodesign.de>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [IBM07a] IBM: WS-BPEL Extension for People (BPEL4People), Version 1.0, Juni 2007, http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-bpel4people/BPEL4People_v1.pdf. Letzter Zugriff am 14.08.2011.
- [IBM07b] IBM: Web Services Human Task (WS-HumanTask), Version 1.0 Juni 2007, http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-bpel4people/WS-HumanTask_v1.pdf. Letzter Zugriff am 14.08.2011.
- [IEC02a] International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 61360-1:2002, Standard data element types with associated classification scheme for electric components – Part 1: Definitions – Principles and methods, Norm, 2002.
- [IEC02b] International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 61360-2:2002, Standard data element types with associated classification scheme for electric components – Part 2: EXPRESS dictionary schema, Norm, 2002.
- [IEC04] International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 61360-5:2004, Standard data element types with associated classification scheme for electric components – Part 5: Extensions to the EXPRESS dictionary schema, Norm, 2004.
- [IEC97] International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 61360-4:1997, Standard data element types with associated classification scheme for electric components – Part 4: IEC reference collection of standard data element types, component classes and terms, Norm, 1997.
- [IET01] Internet Engineering Task Force: Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), 2001, <http://tools.ietf.org/html/rfc2821>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [IETF12] The Internet Engineering Task Force (IETF): RFC 4180 – Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files, RFC Informational, <http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4180/>. Letzter Zugriff am 23.11. 2012.
- [In09] Forschungsprojekt InProDi: <http://www.inprodi.de>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [ISH09] Iakovaki, A.; Singh Srail, J.; Harrington, T.: Service supply chain integration in multi-organisation networks – Applying integration enablers and aligning process capabilities, Fourteenth Annual Cambridge Manufacturing Symposium, 2009.
- [ISO02] International Standardization Organization (ISO): ISO 9735-2:2002: Electronic data interchange for administration, commerce and transport (EDIFACT) – Application level syntax rules (Syntax version number: 4, Syntax release number: 1) – Part 2: Syntax rules specific to batch EDI, 2002.
- [ISO04] International Standardization Organization (ISO): ISO/IEC 15909-

- 1:2004: Systems and software engineering -- High-level Petri nets -- Part 1: Concepts, definitions and graphical notation, 2004.
- [ISO11a] International Standardization Organization (ISO): ISO/IEC 15909-2:2011: Systems and software engineering -- High-level Petri nets -- Part 2: Transfer format, 2011.
- [ISO11b] International Standardization Organization (ISO): ISO/IEC 14443: Identification cards -- Contactless integrated circuit cards -- Proximity cards, 2011.
- [IWC09] Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH: Gelungene Prozess-Integration durch eBusiness-Standards, 2009, <http://www.nextbusiness-it.de/dlf/2e8ecf84bd5cdea2b87fac00fa7c8c91>. Letzter Zugriff am 23.02.2014.
- [Ja98] Jaschinski, C.: Qualitätsorientiertes Redesign von Dienstleistungen. Dissertation RWTH Aachen, 1998.
- [JBS97] Jablonski, S.; Böhm, M.; Schulze, W.: Workflow Management – Entwicklung von Anwendungen und Systemen, dpunkt Verlag, 1997.
- [Je00] Jeckle, M.: Konzepte der Metamodellierung – Zum Begriff Metamodell, Paper von <http://www.jeckle.de/publikat.htm>, publiziert in „Software-technik Trends“, Band 20, Heft 2, 2000.
- [Je90] Jensen, K.: Coloured Petri Nets: A high-level Language for System Design and Analysis, LNCS Volume 483, Springer Verlag, 1990.
- [JG13] Jgraph: <http://www.jgraph.com/>. Letzter Zugriff am 16.02.2013.
- [JK09] Jensen, K.; Kristensen, L.M.: Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems, Springer Verlag, 2009.
- [JKW07] Jensen, K.; Kristensen, L.M.; Wells, L.: Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modeling and Validation of Concurrent Systems. In: International Journal on Software Tools for Technology Transfer (STTT), 2007.
- [Jo08] Josuttis, N.: SOA in der Praxis – System-Design für verteilte Geschäftsprozesse, dpunkt Verlag, 2008.
- [Ju06] Jung, R.: Architekturen zur Datenintegration. Gestaltungsempfehlungen auf der Basis fachkonzeptueller Anforderungen, Deutscher Universitätsverlag, 2006.
- [JW06] Jung, R.; Winter, R.: Gestaltung von Datenintegrationsarchitekturen, Arbeitsbericht 188, Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Bern, 2006.
- [Ka02a] Kaib, M.: Enterprise Application Integration: Grundlagen, Integrationsprodukte, Anwendungsbeispiele, DUV, 2002.
- [Ka02b] Kallenberg, R.: Ein Referenzmodell für den Service in Unternehmen des Maschinenbaus. Dissertation RWTH Aachen, 2002.
- [Ka09] Kalayci, N.: Case EVU: Optimierter Hausanschlussprozess. In: Pohland, S. (Hrsg.): Flexibilisierung von Geschäftsprozessen: Konzepte und Praxisbeispiele, Oldenbourg Verlag, 2009.
- [Ka12] Karle, T.: Kollaborative Softwareentwicklung auf Basis serviceorientierter Architekturen. Dissertation Karlsruher Institut für Technologie, 2012.
- [Ka77] Kaufmann, E.J.: Marketing für Produktivleistungen, Frankfurt a. Main, 1977.
- [KBR+05] Kavantzias, N.; Burdett, D.; Ritzinger, G.; Lafon, Y.: Web Services Cho-

- reography Description Language Version 1.0, W3C Candidate Recommendation. Technical Report, <http://www.w3.org/TR/ws-cdl-10>. Letzter Zugriff am 08.06.2012.
- [KBS07] Krafzig, D.; Banke, K.; Slama, D.: Enterprise SOA – Best Practices für serviceorientierte Architekturen – Einführung, Umsetzung, Praxis, mitp, 2007.
- [Ke02] Keller, W.: Enterprise Application Integration – Erfahrungen aus der Praxis, dpunkt Verlag, 2002.
- [KH02] Kuhn, A.; Hellingrath, B.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, Springer Verlag, 2002.
- [Ki99] Kißling, V.: Beschaffung professioneller Dienstleistungen: eine empirische Untersuchung zum Transaktionsverhalten, Duncker & Humblot Verlag, 1999.
- [KJL03] Kinkel, S.; Jung Erceg, P.; Lay, G.: Controlling produktbegleitender Dienstleistungen, Physica Verlag, 2003.
- [KK02] Karagiannis, D.; Kühn, H.: Metamodeling Platforms. In: Bauknecht, K. et al. (Hrsg.): ECommerce and Web Technologies, Proceedings 3rd International Conference EC-Web'02, S. 182-196, Springer Verlag, 2002.
- [KKM+05] Kersten, W.; Koeppen, B.; Meyer, C.; Kern, E.-M.: Reduktion der Prozesskomplexität durch Modularisierung. In: Industrie Management 21 (2005) 4, S. 11-14, 2005.
- [KL04] Kossmann, D.; Leymann, F.: Web Services. In: Informatik Spektrum 27 (2004), S. 117-128, 2004.
- [KI05] Kleinaltenkamp, M.: Integrativität als Baustein einer Theorie der Dienstleistungsökonomie. In: Corsten, H.; Gössinger, R. (Hrsg.): Dienstleistungsökonomie, Beiträge zu einer theoretischen Fundierung, S. 55-83, Drucker & Humbolt Verlag, 2005.
- [KI06] Klose K.: Serviceorientierte Architekturen in der industriellen Auftragsabwicklung. Identifikation und fachkonzeptionelle Spezifikation von Services für ERP- /PPS-Systeme von Kleinserien- und Auftragsfertigung. Dissertation Universität Münster, 2006.
- [KI07] Klein, R.: Modellgestütztes Service System Engineering, Wiesbaden, 2007.
- KI96 Kleinaltenkamp, M.: Customer Integration – Kundenintegration als Leitbild für das Business-to-Business-Marketing. In: Kleinaltenkamp, M.; Fließ, S.; Jacob, F. (Hrsg.): Customer Integration – von der Kundenorientierung zur Kundenintegration, S. 13-24, Gabler Verlag, 1996.
- [KLH05] Kunau, G.; Loser, K.-U.; Herrmann, T.: Im Spannungsfeld zwischen formalen und informalen Aspekten: Modellierung von Dienstleistungsprozessen mit SeeMe. In: Herrmann, T.; Kleinbeck, U.; Krcmar, H. (Hrsg.): Konzepte für das Service Engineering, S. 149-166, Heidelberg, 2005.
- [KLO08] Klink, S.; Li, Y.; Oberweis, A.: INCOME2010 – a Toolset for Developing Process-oriented Information Systems Based on Petri-Nets. In: Proceedings for International Workshop on Petri Nets Tools and Applications (PNTAP 2008), ACM digital library, 2008.
- [KM05] Koschmider, A.; Mevius, M.: A Petri Net based Approach for Process Model Driven Deduction of BPEL Code, OTM Confederated International Conferences, Agia Napa, Cyprus, S. 495-505, Springer Verlag,

- 2005.
- [Kn64] Knuth, D.E.: Backus Normal Form vs. Backus Naur Form. In: Communications of the ACM. 7, Nr. 12, S. 735-736, 1964.
- [Ko00] Koppelman, U.: Beschaffungsmarketing, Springer Verlag, 2000.
- [Ko06] Koudal, P.: Deloitte Research: The Service Revolution in Global Manufacturing Industries, 2006, http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/dtt_manufacturing_ServiceRevolutionInGlobalManufacturing012006%281%29.pdf. Letzter Zugriff am 23.06.2011.
- [KÖ06] Kagermann, H.; Österle, H.: Geschäftsmodelle 2010. Wie CEOs Unternehmen transformieren, F.A.Z. Buch, Frankfurt am Main, 2006.
- [Ko09a] Kollmann, T.: E-Business – Grundlagen elektronischer Geschäftsprozesse in der Net Economy, Gabler Verlag, 2009.
- [Ko09b] Forschungsprojekt KorServ: <http://www.korserv.de>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [Ko10a] Kordowich, P.: Betriebliche Kommunikationsprozesse bei Dienstleistern. Dissertation Universität Hohenheim, 2010.
- [Ko10b] Kobler, M.: Qualität von Prozessmodellen: Kennzahlen zur analytischen Qualitätssicherung bei der Prozessmodellierung. Dissertation Universität Linz, Logos Verlag, 2010.
- [KO96] Knoblich, H.; Oppermann, R.: Dienstleistung – ein Produkttyp. Eine Erfassung und Abgrenzung des Dienstleistungsbegriffs auf produkttypologischer Basis. In: Der Markt, H. 1, S. 13-22, 1996.
- [KP94] Kuhn, A.; Pielok, T.: Produktivitätsmanagement mit Hilfe von Prozessketten. In: Wildemann, H.: Qualität und Produktivität. Erfolgsfaktoren im Wettbewerb Frankfurt/Main: Frankfurter Allgemeine Zeitung (Edition Blickbuch Wirtschaft), S. 26-42, 1994.
- [Kr05a] Kraimer, K.: Einzelfallstudien. In: König, E.; Zedler, P. (Hrsg.): Qualitative Sozialforschung, S. 13-232, Basel, 2005.
- [Kr05b] Kronz, A.: Management von Prozesskennzahlen im Rahmen der ARIS-Methodik. In: Scheer, A.-W. et al. (Hrsg.): Corporate Performance Management: ARIS in der Praxis, Springer Verlag, 2005.
- [KR06] Kreuzpointner, A.; Reißer, R.: Praxishandbuch Beschaffungsmanagement, Gabler Verlag, 2006.
- [Kr09] Krcmar, H.: Information, Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik Online Lexikon, <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Informationsmanagement/Information-/index.html/?searchterm=Information>. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [Kr10] Krcmar, H.: Informationsmanagement, Springer Verlag, 2010.
- [Kr91] Krcmar, H.: Integration in der Wirtschaftsinformatik – Aspekte und Tendenzen. In: Jacob, H.; Becker, J.; Krcmar, H. (Hrsg.): Integrierte Informationssysteme, SzU, Band 44, S. 3-18, 1991.
- [Kr92] Krcmar, H.: Informationslogistik im Unternehmen – Konzepte und Perspektiven. In: Stroetmann, K.A. (Hrsg.): Informationslogistik. Tagungsband zur 6. Internationalen Fachkonferenz des Komitees für Wirtschaftlichkeit in Information und Dokumentation (KWID), Frankfurt: DGD, 1992.
- [Kr93] Krämer, C.: Marketingstrategien für Produktionsgüter, DUV, 1993.
- [KS10] Kleine, O.; Schneider, R. (Hrsg.): Service Chain Management in der

- Industrie – Ein Leitfaden zur Planung kooperativer, industrieller Dienstleistungen, VDM Verlag Dr. Müller, 2010.
- [KS99] Küll, R.; Stähly, P.: Zur Planung und effizienten Abwicklung von Simulationsexperimenten. Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Physica Verlag, 1999.
- [KSS02] Keegan, W.J.; Schlegelmilch, B.; Stöttinger, B.: Globales Marketingmanagement, Oldenbourg Verlag, 2002.
- [KSS06] Kuhn, A.; Schuh, G.; Stahl, B.: Nachhaltige Instandhaltung – Trends, Potenziale und Handlungsfelder Nachhaltiger Instandhaltung. Ergebnisbericht der vom BMBF geförderten Untersuchung „Nachhaltige Instandhaltung“, VDM Verlag Dr. Müller, 2006.
- [KT04] Klein, S.; Totz, C.: Prosumers as service configurations – vision, status and future requirement. In: Bouwman, H.; Preissl, B.; Steinfield, C. (Hrsg): Elife after the DOT.com burst, S. 119-135, Physica Verlag, 2004.
- [Ku00] Kugeler, M.: Informationsmodellbasierte Organisationsgestaltung. Modellierungskonventionen und Referenzvorgehensmodell zur prozessorientierten Reorganisation, Berlin, 2000.
- [Ku02] Kugeler, M.: SCM und CRM: Prozessmodellierung für extended Enterprises. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg): Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur Prozessorientierten Organisationsgestaltung, S. 457-493, Springer Verlag, 2002.
- [KU05] Kim, K.; Umanath, N.: Information transfer in B2B procurement: an empirical analysis and measurement, Information & Management, Volume 42 (6), Elsevier, 2005.
- [Ku05] Kurbel, K.: Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management, 2005.
- [Kü05] Kühne, T.: What is a Model? In: Bezivin, J.; Heckel, R. (Hrsg): Language Engineering for Model-Driven Software Development, Number 04101 in Dagstuhl Seminar Proceedings, Internationales Begegnungs- und Forschungszentrum für Informatik (IBFI), Schloss Dagstuhl, 2005.
- [Kü07] Kühne, S.: Modellgetriebene Entwicklung im Kontext des Integration Engineerings. In: Steffens, U.; Addicks, J.S.; Streekman, N. (Hrsg.): MDD, SOA und IT-Management Workshop, S. 47-58, Oldenbourg Verlag, 2007.
- [Kü99] Küll, R.: Petri-Netz-Basierte Simulation von Geschäftsprozessen. Einsatzmöglichkeiten und Vorgehensmethodik. Dissertation Universität St. Gallen, 1999.
- [KV11] Karagiannis, D.; Visic, N.: Next Generation of Modelling Platforms, Perspectives in Business Informatics Research, Lecture Notes in Business Information Processing, Volume 90, Part 1, S. 19-28, Springer Verlag, 2011.
- [KZK05] Kersten, W.; Zink, T.; Kern, E.-M.: Typisierung hybrider Produkte und Gestaltung hybrider Wertschöpfungsprozesse: Ansatzpunkte und Forschungsbedarf. In: Reichwald, R.; Wildemann, H. (Hrsg.): Tagungsband zum 16. HAB-Forschungsseminar, Gabler Verlag, 2005.
- [KZK06] Kersten, W.; Zink, T.; Kern, E.-M.: Wertschöpfungsnetzwerke zur Entwicklung und Produktion hybrider Produkte: Ansatzpunkte und Forschungsbedarf. In: Blecker, T.; Gemünden, H.G. (Hrsg.): Wertschöpf-

- fungsnetzwerke, S. 189-202, 2006.
- [La09] Large, R.: Strategisches Beschaffungsmanagement: Eine praxisorientierte Einführung. Mit Fallstudien, Gabler Verlag, 2009.
- [LB03] Luczak, H.; Becker, J.: Workflow Management in der Produktionsplanung und -steuerung, Springer Verlag, 2003.
- [LE02] Lay, G.; Jung Erceg, P.: Produktbegleitende Dienstleistungen. Konzepte und Beispiele erfolgreicher Strategieentwicklung, Springer Verlag, 2002.
- [Le03a] Lenz, K.: Modellierung und Ausführung von E-Business-Prozessen mit XML-Netzen. Dissertation J.W. Goethe-Universität Frankfurt am Main, 2003.
- [Le03b] Leymann, F.: Web Services. Distribute Applications Without Limits. An Outline. In: Proceedings of the 10th Conference on Database System for Business, Technology and Web, Berlin, 2003.
- [Le05] Legner, C.: Integriertes Service Management. In: Wölfle, R.; Schubert, P. (Hrsg.): Integrierte Geschäftsprozesse mit Business Software, S. 181-188, Oldenbourg Verlag, 2005.
- [Le06] Leser, F.: Business Collaboration Infrastructure – Standards, Prozess- und Systemarchitektur für automatisierte Kooperationsprozesse. Dissertation Universität St. Gallen, 2006.
- [Le09] Lehner, F.: Wissensmanagement: Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung, Hanser Verlag, 2009.
- [Le95a] Lehmann, A.: Dienstleistungsmanagement. Strategien und Ansatzpunkte zur Schaffung von Servicequalität, Stuttgart/Zürich, 1995.
- [Le95b] Leymann, F.: Supporting business transactions via partial backward recovery in workflow management systems. In: Lausen, G. (Hrsg.): Datenbanksystemen in Büro, S. 51-70, Technik und Wissenschaft, Springer Verlag, 1995.
- [Li09] Lipsky, L.: Queuing Theory: A Linear Algebraic Approach, Springer Science + Business Verlag, 2009.
- [Li11] Liquid XML: <http://www.liquid-technologies.com>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [LK08] Leymann, F.; Karastoyanova, D. et al. (Hrsg.): Service Oriented Architecture – Overview of Technologies and Standards, Schwerpunktthemenheft der Zeitschrift it – Information Technology, Volume 50 (2008), Heft 2, 2008.
- [LLG04] Loser, C.; Legner, C.; Gizanis, D.: Master Data Management For Collaborative Service Processes, International Conference on Service Systems and Service Management, Research Center for Contemporary Management, Tsinghua University, 2004.
- [LLW06] Luczak, H.; Liestmann, V.; Winkelmann, K.: Service Engineering industrieller Dienstleistungen. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.: Service Engineering, Springer Verlag, 2006.
- [LMO06] Li, Y.; Mevius, M.; Oberweis, A.: Simulation von Supply Chains mit Petri-Netzen, Proceedings of the 19th Symposium on Simulation Techniques (ASIM'2006), 2006.
- [LMW07] Lohmann, N.; Massuthe, P.; Wolf, K.: Behavioral constraints for services. In Proceedings of the 5th International Conference on Business Process Management (BPM), Volume 4714 of LNCS, S. 271-287,

- Springer Verlag, 2007.
- [LN07] Leser, U., Naumann, F.: Informationsintegration – Architekturen und Methoden zur Integration verteilter und heterogener Datenquellen, dpunkt Verlag, 2007.
- [LNM11] Lehmann, C., Neyer, A.-K., Möslein, K.: Service productivity – Towards an understanding of performance determinants in services, Conference Paper RESER, 2011.
- [LO01] Lenz, K.; Oberweis, A.: Modeling Interorganizational Workflows with XML Nets, Copyright 2001 IEEE, Proceedings of the Hawai'i International Conference On System Sciences, 2001.
- [Lo03] Lorenz-Mayer, D.: Management industrieller Dienstleistungen. Dissertation Universität Jena, 2003.
- [LO03] Lenz, K., Oberweis, A.: Interorganizational Business Process Management with XML Nets. In: Ehrig, H.; Reisig, W.; Rozenberg, G.; Weber, H. (Hrsg.): Petri Net Technology for Communication Based Systems, LNCS 2472, Springer Verlag, 2003.
- [LO04] Lenz, K.; Oberweis, A.: Workflow Services: A Petri Net-Based Approach to Web Services, International Symposium on Leveraging Applications of Formal Methods, S. 35-42, Paphos/Cyprus, 2004.
- [LO07] Legner, C.; Otto, B.: Stammdatenmanagement. In: WISU – Das Wirtschaftsstudium, H.236, 2007. <http://www.alexandria.unisg.ch/EXPORT/DL/35209.pdf>. Letzter Zugriff am 05.09.2009.
- [Lo09] Louis, P.: Manufacturing Execution Systems, Gabler Edition Wissenschaft, 2009.
- [Lo11] Looso, S.: Best-Practice-Referenzmodelle der IT-Governance, Struktur, Anwendung und Methoden. Dissertation Frankfurt School of Finance & Management, 2011.
- [LS04] Luczak, H.; Stich, V.: Industrielle Logistik, Wissenschaftsverlag Mainz, 2004.
- [Lü13] Lünenonk: Führende Unternehmen für industrielle Instandhaltung in Deutschland, <http://lunenonk.de/pressefeed/neu-lunenonk%e2%ae-liste-2012-%e2%80%9efuhrende-unternehmen-fur-industrielle-instandhaltung-in-deutschland%e2%80%9c>. Letzter Zugriff am 30.05.2013.
- [Lu91] Luczak, H.: Service Engineering. Der systematische Weg von der Idee zum Leistungsangebot, TCW Verlag, 1991.
- [Lü97] Lüling, H.: Produktentwicklung im Anlagenbau. Dissertation der Universität. St. Gallen, Difo Druck, 1997.
- [LV08] Legner, C.; Vogel, T.: Leveraging Web Services for Implementing Vertical Industry Standards – A Model for Service-Based Interoperability. In: Electronic Markets, 18, Nr. 1, S. 39-52, 2008.
- [LW02] Lovelock, C.; Wright, L.: Principles of Service Marketing and Management, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2002.
- [LWP05] Lee, H.; Whang, S.; Peleg, B.: Toyota: Service Chain Management, Tech Rep Case GS41, Stanford University, 2005.
- [Ma04] Martens, A.: Verteilte Geschäftsprozesse – Modellierung und Verifikation mit Hilfe von Web Services. Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin, 2004.
- [Ma05a] Martens, A.: Consistency between Executable and Abstract Processes.

- In: Proceedings IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce, and e-Services (EEE 2005), S. 60-67, 2005.
- [Ma05b] Martens, A.: Analyzing Web Service based Business Processes. In: Proceedings International Conference on Fundamental Approaches to Software Engineering (FASE), Volume 3442 of LNCS, S. 19-33, Edinburgh, Scotland, Springer Verlag, 2005.
- [Ma06] May, W.: Reasoning im und für das Semantic Web. In: Pellegrini, T.; Blumauer, A. (Hrsg.): Semantic Web, S. 485-503, Springer Verlag, 2006.
- [Ma08a] Manz, U.: Klassifizierung von Materialien und Referenzierung von Produktklassifikationen, Vortrag 1, Würzburger eCl@ss-Tag, <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/filesserver/vogelonline/files/2499.pdf>. Letzter Zugriff am 23.01.2012.
- [Ma08b] Martini, A.: Eine Analyse dynamischer Qualitätsbeurteilung bei professionellen Dienstleistungen am Beispiel von Bildungsleistungen. Dissertation Freie Universität Berlin, 2008.
- [Ma91] Martin, J.: Rapid Application Development, MacMillan, 1991.
- [MAM+09] Mendling, J.; van der Aalst, W.M.P.; Mylopoulos, J.; Sadeh, N. M.; Shaw, M. J.; Szyperski, C.: Metrics for Process Models. Empirical Foundations of Verification, Error Prediction, and Guidelines for Correctness, Springer Verlag, 2009.
- [MB03] Matthes, T.; Bange, C.: Datenqualitätsmanagement – 13. Werkzeuge zur Steigerung der Datenqualität. In: Bange, C.; Narr, J.; Keller, P.; Dahnken, O. (Hrsg.): Data Warehousing und Datenintegration (BARC-Studie), S. 60-68, Oxygen Verlag, 2003.
- [MB09] Meffert, H.; Bruhn, M.: Dienstleistungsmarketing – Grundlagen, Konzepte, Methoden, Gabler Verlag, 2009.
- [Me06] Mevius, M.: Kennzahlenbasiertes Management von Geschäftsprozessen mit Petri-Netzen. Dissertation Universität Karlsruhe, 2006.
- [ME07] Münger, T.; Eggel, S.: Elektronische Beschaffung von Dienstleistungen, Zeitschrift Beschaffungsmanagement, 2007.
- [Me07] Mertens, P.: Integrierte Informationsverarbeitung 1, Gabler Verlag, 2007.
- [Me10] Melzer, I.: Service-orientierte Architekturen mit Web Services – Konzepte, Standards, Praxis, Spektrum Akademischer Verlag, 2010.
- [Me82] Meffert, H.: Der Kundendienst als Marketinginstrument – Einführung in die Problemkreise des Kundendienst-Managements. In: Meffert, H. (Hrsg.): Kundendienst-Management – Entwicklungsstand und Entscheidungsprobleme der Kundendienstpolitik, S. 1-30, 1982.
- [Me92] Meyer, A.: Servicepolitik. In: Diller, H. (Hrsg.): Vahlens großes Marketinglexikon, 1992.
- [Me94] Meffert, H.: Erfolgreiches Marketing in der Rezession, 1994.
- [MF08] Maleri, R.; Frietzche, U.: Grundlagen der Dienstleistungsproduktion, Springer Verlag, 2008.
- [MH08] zur Mühlen, M.; Hansmann, H.: Workflowmanagement. In: Becker, J.; Kugeleger, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement – Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung, S. 373-408, 2008.
- [Mi06] Micic, P.: Das Zukunftsradar. Die wichtigsten Trends, Technologien

- und Themen für die Zukunft, Offenbach, 2006.
- [MK07] Möslein, K.; Kölling, M.: Interaktive hybride Wertschöpfung als Innovationsstrategie. In: Tagungsband zur BMBF-Tagung „Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt“, 2007.
- [MM08] Manouvrier, B.; Ménard, L.: Application Integration – EAI, B2B, BPM and SOA, John Wiley & Sons: Iste Publishing Company, London, 2008.
- [MM09] Mertens, P.; Meier, M.: Integrierte Informationsverarbeitung 2. Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie, Gaber Verlag, 2009.
- [MN06] Mengue Nkoa, C.U.: Effiziente Gestaltung bankspezifischer CRM-Prozesse – Ein praxisorientiertes Referenz-Organisationsmodell. Dissertation an der RWTH Aachen, 2006.
- [MNP06] Mele, D.F.; Na, A.; Puigjaner, L.: Supply Chain Management through Dynamic Model Parameters Optimization. In: Industrial and Engineering Chemistry Research 45 (2006), Nr. 5, S. 1708-1721, 2006.
- [Mo02] Morelli, N.: Designing Product/Service Systems: A Methodological Exploration. Design Issues, 18(3), S. 3-17, 2002.
- [Mo05] Morschett, D.: Formen von Kooperationen, Allianzen und Netzwerken. In: Zentes, J.; Swoboda, B.; Morschett, D. (Hrsg.): Kooperationen, Allianzen und Netzwerke, S. 387-41, Gabler Verlag, 2005.
- [Mö05] Mörschel, I.C.: Produktmodelle für Dienstleistungen. In: DIN e. V. (Hrsg.): Wege zu erfolgreichen Dienstleistungen, S. 46-125, Beuth Verlag, 2005.
- [Mo07] Montanus, S.: Digitale Business-Strategien für den Mittelstand: Mit neuen Technologien unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse optimieren, Springer Verlag, 2007.
- [Mo10] Moness, V.: Gestaltung von Qualitätskennzahlen für Geschäftsprozesse. Dissertation Technische Universität München, 2010.
- [MP04] Mevius, M.; Pibernik, R.: Process Management in Supply Chains – A New Petri-Net Based Approach. In: Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences (HICCS'04), IEEE Computer Society, 2004.
- [MRA08] Mendling, J.; Reijers, H.A.; van der Aalst, W.M.P.: Seven Process Modeling Guidelines (7PMG), QUT ePrints Report 12340, Queensland University of Technology, 2008.
- [MS08a] Maglio, P.P.; Spohrer, J.: Fundamentals of Service Science. Journal of the Academy of Marketing Science, Volume 36(1), S. 18-20, 2008.
- [MS08b] Meier, A.; Stormer, H.: eBusiness & eCommerce: Management der digitalen Wertschöpfungskette, Springer Verlag, 2008.
- [Mü05] Müller, J.: Workflow-based Integration – Grundlagen, Technologien, Management, Springer Verlag, 2005.
- [Mü09] Müller, D.: Management datengetriebener Prozessstrukturen. Dissertation Universität Ulm, 2009.
- [MUK06] Meier, H.; Uhlmann, E.; Kortmann, D.: Hybride Leistungsbündel, wt Werkstatttechnik online, 95 (2005) 7/8, S. 528-532, 2005.
- [MV08] Meier, H.; Völker, O.: Industrial Product-Service Systems – Typology of Service Supply Chain for IPS² Providing. Conference Proceedings of the 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2008.
- [MV87] Maturana, H. R.; Varela, F.: Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. Scherz Verlag, 1987.

- [Ne07] Nebl, T.: Produktionswirtschaft, Oldenbourg Verlag, 2007.
- [Ni09] Niederauer, C.: Messung von Zahlungsbereitschaften bei industriellen Dienstleistungen, Gabler Verlag, 2009.
- [NM02] Neumann, K.; Morlock, M.: Operations Research, Hanser Verlag, 2002.
- [NM03] Narayanan, S.; McIlraith, S.: Analysis and Simulation of Web Services, International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 42(5), S. 675-693, 2003.
- [NP06] Nebl, T.; Prüß, H.: Anlagenwirtschaft, Oldenbourg Verlag, 2006.
- [NRS02] Neumann, S. T.; Rosemann, M.; Schwegmann, A.: Simulation von Geschäftsprozessen. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung, S. 437-456, Springer Verlag, 2002.
- [NSB01] Neumann, S.; Serries, T.; Becker, J.: Entwurfsfragen bei der Gestaltung Workflow-integrierter Architekturen von PPS-Systemen. In: Buhl, H.U.; Huther, A.; Reitwiesner, B. (Hrsg.): Information Age Economy, 5. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, S. 133-146, 2001.
- [OASIS00] OASIS: ebXML Whitepapers: Enabling Electronic Business with ebXML, http://www.ebxml.org/white_papers/whitepaper.htm. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [OASIS01] OASIS: ebXML Business Process Specification Schema 6 Version 1.01, 2001, <http://www.ebxml.org/specs/ebBPSS.pdf>. Letzter Zugriff am 25.03.2012.
- [OASIS04] OASIS: UDDI Version 3.0.2, 2004, http://uddi.org/pubs/uddi_v3.htm. Letzter Zugriff am 15.08.2011.
- [OASIS06] OASIS: ebXML Business Process Specification Schema Technical Specification v2.0.4, Technical Report, December 2006.
- [OASIS06a] OASIS: Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0, 2006, <http://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/>. Letzter Zugriff am 23.08.2011.
- [OASIS06b] OASIS: ebXML Business Process Specification Schema Technical Specification v2.0.4, 2006, <http://docs.oasis-open.org/ebxmlbp/2.0.4/ebxmlbp-v2.0.4-Spec-os-en.pdf>. Letzter Zugriff am 24.11.2012.
- [OASIS06c] OASIS: Universal Business Language v2.0, 2006, <http://docs.oasis-open.org/ubl/os-UBL-2.0/UBL-2.0.pdf>. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [OASIS07a] OASIS: Web Services Business Process Execution Languages Version 2.0, 2007, <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.html>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [OASIS07b] OASIS: Web Services Business Process Execution Languages 4 People (BPEL4People) Version 1.0, 2007, http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-bpel4people/BPEL4People_v1.pdf. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [OASIS07c] OASIS: Web Service Human Task (WS-HumanTask) Version 1.0, 2007, http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-bpel4people/WS-HumanTask_v1.pdf. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [Ob10] Oberländer, J.: Methoden überbetrieblicher Service- und Prozessmodellierung am Beispiel von RosettaNet, 2010, <http://www.iwi.uni-leipzig.de>. Letzter Zugriff am 18.03.2011.
- [Ob90] Oberweis, A.: Zeitstrukturen für Informationssysteme. Dissertation

- Universität Mannheim, 1990.
- [Ob96a] Oberweis, A.: Modellierung und Ausführung von Workflows mit Petri-Netzen, Teubner-Reihe Wirtschaftsinformatik, B.G. Teubner Verlag, 1996.
- [Ob96b] Oberweis, A.: An integrated approach for the specification of processes and related complex structured objects in business applications. In: Decision Support Systems, Volume 17(1), S. 31-53, 1996.
- [OBK+12] Oberle, D.; Barros, A.; Kylau, U.; Heinzl, S.: A unified description language for human to automated services, Journal Information Systems, Volume 38, Issue 1, March 2013, S. 155-181, 2012.
- [Oe11] Oedekoven, D.: Nutzenpotenziale harmonisierter Stammdaten in den Prozessen der Auftragsabwicklung von Auftragsfertigern. Dissertation RWTH Aachen, 2011.
- [OECD05] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): Guide to Measuring the Information Society, 2005, <http://www.oecd.org/dataoecd/41/12/36177203.pdf>. Letzter Zugriff am 19.03.2012.
- [OGS09] Oberle, D.; Guarino, D.; Staab, S.: What is an ontology? In: Handbook on Ontologies, Springer Verlag, 2009.
- [OH09] Otto, B.; Hüner, K.: Funktionsarchitektur für unternehmensweites Stammdatenmanagement, 2009, <http://www.alexandria.unisg.ch/Publikationen/56784>. Letzter Zugriff am 03.02.2010.
- [OK06] Oberweis, A.; Karle, T.: Unterstützung von Kollaborationen im Rahmen der Softwareentwicklung auf Basis Service-orientierter Architekturen, EMISA 2006 – Methoden Konzepte und Technologien für die Entwicklung von dienstbasierten Informationssystemen, 2006.
- [OMG03a] Object Management Group (OMG): Common Warehouse Metamodel (CWM) Version 1.1, 2003, <http://www.omg.org/spec/CWM/1.1/>. Letzter Zugriff am 05.04.2011.
- [OMG03b] Object Management Group (OMG): MDA Guide Version 1.0.1, 06.01.2003, <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-01>. Letzter Zugriff am 04.08.2011.
- [OMG05] Object Management Group (OMG): MOF 2.0/XMI Mapping Specification, Version 2.1, September 2005, <http://www.omg.org/spec/XMI/2.1/PDF/>. Letzter Zugriff am 22.04.2011.
- [OMG09] Object Management Group (OMG): Unified Modeling Language (UML) Version 2.2, 2009, <http://www.omg.org/spec/UML/2.2/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [OMG11a] Object Management Group (OMG): Unified Modeling Language (UML) Version 2.4 Beta 2, 2011 <http://www.omg.org/spec/UML/2.4/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [OMG11b] Object Management Group: Meta Object Facility (MOF) Core Specification, Version 2.4 – Beta 2, 2011, <http://www.omg.org/spec/MOF/2.4/Beta2/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [OMG11c] Object Management Group: UML Version 2.4 – Beta 2 Infrastructure Specification, 2011, <http://www.omg.org/spec/UML/2.4/Infrastructure/Beta2/>. Letzter Zugriff am 05.04.2011.
- [OMG11d] Object Management Group (OMG): UML Version 2.4 – Beta 2 Superstructure Specification, 2011, <http://www.omg.org/spec/UML/2.4/>

- Superstructure/Beta2/. Letzter Zugriff am 05.04.2011.
- [OMG11e] Object Management Group (OMG): Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0, 2011, <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [OMG11f] Object Management Group (OMG): XML Metadata Interchange (XMI), Version 2.4 – Beta 2, 2011, <http://www.omg.org/spec/XMI/2.4/Beta2>. Letzter Zugriff am 15.08.2011.
- [OMG11g] Object Management Group (OMG): Meta Object Facility (MOF) 2.0 Query/View/Transformation Specification, Version 1.1, 2011, <http://www.omg.org/spec/QVT/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [Or11a] Oracle: Java Netbeans, www.netbeans.org. Letzter Zugriff am 14.11.2011.
- [Ös03] Österle, H.: Geschäftsmodell des Informationszeitalters. In: Österle, H.; Winter, R. (Hrsg.): Business Engineering – Auf dem Weg zum Unternehmen des Informationszeitalters, S. 21-43, Springer Verlag, 2003.
- [Ös95a] Österle, H.: Business Engineering Prozess- und Systementwicklung, Band 1: Entwurfstechniken, Springer Verlag, 1995.
- [Ös95b] Österle, H.: Business Engineering Prozess- und Systementwicklung, Band 2: Fallbeispiele, Springer Verlag, 1995.
- [OS96] Oberweis, A.; Sander, P.: Information System Behaviour Specification by High-Level Petri Nets. In: ACM Transactions on Information Systems (TOIS), Volume 14(4), S. 380-420, 1996.
- [Ot04] Otto, A.: Auftragsabwicklung. In: Klaus, P.; Krieger, W. (Hrsg.): Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, S. 14-20, Gabler Verlag, 2004.
- [ÖWS+03] Österreich, B.; Weiss, C.; Schröder, C.; Weilkiens, T.; Lenhard, A.: Objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung mit der UML, dpunkt Verlag, 2003.
- [Ox11] oXygen XML Editor: <http://www.oxygenxml.com>. Letzter Zugriff am 14.11.2011.
- [Pa05] Paulzen, O.: Qualität im Wissensmanagement – Modellierung und Bewertung von Wissensprozessen. Dissertation Universität Karlsruhe, 2005.
- [Pa07] Papazoglou, M.P.: Web services: principles and technology, Prentice Hall, 2007.
- [Pa12] Papyrus UML: <http://www.papyrusuml.org>. Letzter Zugriff am 14.11.2011.
- [Pa13] Pawellek, G.: Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Vieweg Verlag, 2013.
- [PC12] proficl@ss: Initiative zur Klassifizierung von Produktdaten in den Branchen Bauen, Haustechnik und Industriebedarf, <http://www.proficlass.de>. Letzter Zugriff am 09.12.2012.
- [Pe05] Pepels, W.: Servicemanagement, Merkur, 2005.
- [Pe10a] Pescholl, A.: Adaptive Entwicklung eines Referenzmodells für die Geschäftsprozessunterstützung im technischen Großhandel. Dissertation Universität Magdeburg, 2010.
- [Pe10b] Peschl, T.: Strategisches Management hybrider Dienstleistungsbündel. Dissertation Universität Stuttgart, 2010.
- [Pe62] Petri, C. A.: Kommunikation mit Automaten, Institut für instrumentelle

- Mathematik der Universität Bonn, 1962.
- [PI10] Forschungsprojekt PIPE: <http://www.pipe-projekt.de>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [PK05] Page, B.; Kreutzer, W.: *The Java Simulation Handbook: Simulating Discrete Event Systems with UML and Java*, Shaker Verlag, 2005.
- [PMK04] Pietsch, T.; Martiny, L.; Klotz, M.: *Strategisches Informationsmanagement: Bedeutung, Konzeption und Umsetzung*, Erich Schmidt Verlag, 2004.
- [PNTD12] Petri Net Tool Database: http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/tools/complete_db.html. Letzter Zugriff am 03.02.2012.
- [Po96a] Porter, M.E.: *What is Strategy*, Harvard Business Review, 1996.
- [Po96b] Porter, M.E.: *Wettbewerbsvorteile*, Campus Verlag, 1996.
- [POET12] POET AG: <http://www.poet.de>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [Pr08] PROZEUS: *Transaktionsstandards auswählen und einsetzen – Handlungsempfehlung zum Einsatz von eBusiness-Standards 2008*, http://prozeus.de/imperia/md/content/prozeus/broschueren/han_transaktionsstandards.pdf. Letzter Zugriff am 10.05.2011.
- [PR12] PROLIST International: *Namur-Empfehlung NE 100 Version 3.2*, <http://www.namur.de/index.php?id=352&L=%5C%5C%5C%5C%5C%5C%5C%5C%27%3F%2Findex.html>. Letzter Zugriff am 02.12.2012.
- [PRW03] Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R. T.: *Die grenzenlose Unternehmung*, Gabler Verlag, 2003.
- [PZB85] Parasuraman, A.; Zeithaml, V. A.; Berry, L. L.: *A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research*. In: *Journal of Marketing*, 49 (4), S. 41-50, 1985.
- [RAH+05] Russell, N.; van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede, A.H.M.; Edmond, D.: *Workflow resource patterns: Identification, representation and tool support*, *Proceedings of the 17th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'05)*, Springer, S. 216-232, 2005.
- [RAH06] Russell, N.; van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.: *Exception Handling Patterns in Process-Aware Information Systems*, *BPM Center Report BPM-06-04*, BPMcenter.org, 2006.
- [RBM+06] Roman, D.; Bruijn, J.; Mocan, A.; Lausen, H.; Domingue, J.; Bussler, C.; Fensel, D.: *WSMO, WSML and WSMX in a nutshell*. In: *Proceedings of the Asian Semantic Web Conference (ASWC)*, LNCS 4185, S. 516-522, Springer Verlag, 2006.
- [Re04] Reckenfelderbäumer, M.: *Prozessmanagement bei industriellen Dienstleistungen*. In: Backhaus, K.; Voeth, M. (Hrsg.): *Handbuch Industriegütermarketing*, S. 649-676, 2004.
- [Re10a] Reisig, W.: *Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien, Leitfäden der Informatik*. Vieweg + Teubner Verlag, 2010.
- [Re10b] Reichenberger, K.: *Kompendium semantische Netze: Konzepte, Technologie, Modellierung*, X.Media.Press, 2010.
- [Re82] Reisig, W.: *Petri-Netze – Eine Einführung*, Springer Verlag, 1982.
- [Re85] Reisig, W.: *Systementwurf mit Netzen*, Springer Verlag, 1985.
- [Re87] Reisig, W.: *Place/Transition Systems*. In: Brauer, W. et al. (Hrsg.): *Advances in Petri Nets, Part I, Proceedings of an Advanced Course*, LNCS 254, S.117-141, Springer Verlag, 1987.

- [Re90] Reisig, W.: Petri-Netze, Springer Verlag, 1990.
- [Re92] Reinhardt, A.: Simulationswerkzeuge im Unternehmen. In: Simulation von Systemen in Logistik, Materialfluss und Produktion, S. 1-17, VDI Verlag, 1992.
- [RHA+06] Russell, N.; ter Hofstede, A.H.M.; van der Aalst, W.M.P.; Mulyar, N.: Workflow Control-Flow-Patterns. A Revised View, BPM Center Report BPM-06-22, 2006.
- [RHE+04a] Russell, N.; ter Hofstede, A.H.M.; Edmond, D.; van der Aalst, W.M.P.: Workflow Data Patterns, QUT Technical report, FIT-TR-2004-01, Queensland University of Technology, Brisbane, 2004.
- [RHE+04b] Russell, N.; ter Hofstede, A.H.M.; Edmond, D.; van der Aalst, W.M.P.: Workflow Resource Patterns, BETA Working Paper Series, WP 127, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2004.
- [Ri04] Risse, J.: Anlaufmanagement in der Supply Chain. In: Baumgarten, H.; Darkow, I.-L.; Zardeck, H. (Hrsg.): Supply Chain Steuerung und Service. Logistik-Dienstleister managen globale Netzwerke, S. 71-79, Springer Verlag, 2004.
- [RL05] Reijers, H. A.; Liman, S.: Best practices in business process redesign. An overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. In: Omega, Jahrgang 33, S. 283-306, 2005.
- [RLA03] Reijers, H.A.; Limam, S.; van der Aalst, W.M.P.: Product-based Workflow Design, Journal Management Information Systems 20(1), S. 229-262, 2003.
- [RLD08] Rinderle-Ma, S.; Ly, L.T.; Dadam, P.: Business Process Compliance (Aktuelles Schlagwort), EMISA Forum, S. 24-29, 2008.
- [RM08] Reusch, P.; Moreno, L.: On Entropies in the Classification of Commodities – a Challenge for E-Commerce, Communications of the Scientific Advisory Board of eCl@ss, 2008.
- [RM09] Reusch, P.; Moreno, L.: Harmonization of classes and property sets in critical commodity classes of eCl@ss, Communications of the Scientific Advisory Board of eCl@ss, 2009.
- [RMM09] Reichel, J.; Müller, G.; Mandelartz, J.: Betriebliche Instandhaltung, Springer Verlag, 2009.
- [Ro02] Rosenkranz, F.: Geschäftsprozesse – Modell- und computergestützte Planung, Springer Verlag, 2002.
- [Ro96] Rosemann, M.: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen, Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung. Schriften zur EDV orientierten Betriebswirtschaftslehre, Gabler Verlag, 1996.
- [RP01] Reiss, M.; Präuer, A.: Solutions Providing: Was ist Vision – was Wirklichkeit? In: Absatzwirtschaft 44 (5), S. 48-53, 2001.
- [RP06] Reichwald, R.; Piller, F.: Interaktive Wertschöpfung – Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung, Gabler Verlag, 2006.
- [RRA03] Reijers, H.A.; Rigter, J.H.M.; van der Aalst, W.M.P.: The case handling case, International Journal Cooperative Information Systems 12(3), S. 365-391, 2003.
- [RRD03] Rinderle, S.; Reichert, M.; Dadam, P.: Evaluation Of Correctness Criteria For Dynamic Workflow Changes. In: Proceedings International Con-

- ference on Business Process Management (BPM'03), Eindhoven, LNCS 2678, S. 41-57, Springer Verlag, 2003.
- [RS04a] Richter-von Hagen, C.; Stucky, W.: Business-Process- und Workflow-Management, Teubner Verlag, 2004.
- [RS04b] Reichert, M.; Stoll, D.: Komposition, Choreographie und Orchestrierung von Web Services – Ein Überblick. In: EMISA Forum, Volume 24(2), S. 21-32, 2004.
- [RS08] Rai, A.; Sambamurthy, V.: Editorial Notes – The Growth of Interest in Service Management: Opportunities for Information Systems Scholars. In: Information Systems Research, 17(4), S. 327-331, Deutscher Industrie- und Bundesverband der Deutschen Industrie, 2008.
- [RS97] Rauh, O.; Stickle, E.: Konzeptuelle Datenmodellierung, Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1997.
- [RSD05] Rosemann, M.; Schwegmann, A.; Delfmann, P.: Vorbereitung der Prozessmodellierung. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung, S. 45-103, 2005.
- [Ru07] Russell, N.: Foundations of Process-Aware Information Systems. Dissertation Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, 2007.
- [RWM09] Reusch, P.; Wilkes, W.; Moreno, L.: On the Application of new Data Model, Communications of the Scientific Advisory Board of eCI@ss, 2009.
- [RZ96] Riehle, D.; Züllighoven, H.: Understanding and Using Patterns in Software Development, Theory and Practice of Object Systems, 2(1):3, 1996.
- [Sa07] Saggau, B.: Organisation elektronischer Beschaffung – Entwurf eines transaktionskostentheoretischen Beschreibungs- und Erklärungsrahmens. Dissertation Universität Lüneburg, 2007.
- [Sa10] Satzger, G.: Service Science der Schlüsse zur Wettbewerbsfähigkeit in der Industriellen Revolution 2.0, Tagungsband der 8. Dienstleistungstagung des BMBF, 2010.
- [SA13] SAXON: <http://saxon.sourceforge.net/>. Letzter Zugriff am 16.02.2013.
- [SAP01] SAP AG: Informationen im SAP Einkaufshandbuch (MM-PUR) Release 4.6C – Materialstammdaten. Online verfügbar unter <http://help.sap.com/>. Letzter Zugriff am 19.10.2010.
- [SAP11] SAP AG: Grundprozess bei der Beschaffung von Dienstleistungen, http://help.sap.com/saphelp_45b/helpdata/DE/c3/72cbb055cd11d189660000e8323c4f/content.htm. Letzter Zugriff am 06.10.2011.
- [SAP12a] SAP AG: Open Catalogue Interface (OCI). http://help.sap.com/saphelp_sm32/helpdata/de/5d/0eba5fa0084247acbb0c04ced18e8/content.htm. Letzter Zugriff am 09.12.2012.
- [SAP12b] SAP AG: Intermediate Document (iDOC), http://help.sap.com/saphelp_46c/helpdata/de/0b/2a60ef507d11d18ee90000e8366fc2/content.htm. Letzter Zugriff am 09.12.2012.
- [SB07] Stauss, B.; Bruhn, M.: Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen – Eine Einführung in den Sammelband. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen, Gabler Verlag, 2007.
- [SB11] Setzer, T.; Bichler, M.: Choreographie von Web-Services, Enzyklopädie

- der Wirtschaftsinformatik Online-Lexikon, Oldenbourg Verlag, 2011, <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/is-management/Systementwicklung/Softwarearchitektur/Middleware/Web-Service-Technologien/Choreographie-von-Web-Services>. Letzter Zugriff am 01.01.2011.
- [SB13] DESTATIS Statistisches Bundesamt: Arbeitskosten & Lohnnebenkosten: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VerdiensteArbeitskosten/Arbeitskosten/ArbeitskostenBund2163201089004.pdf;jsessionid=ADF3DBF9BB3FEECD152EFE5D8ED69017.cae3?__blob=publicationFile. Letzter Zugriff am 30.11.2013.
- [SBP+09] Steinberg, D.; Budinsky, F.; Paternostro, M.; Merks, E.: EMF Eclipse Modeling Framework, Second Edition, Wesley Verlag, 2009.
- [SBS07] Sturm, F.; Bading, A.; Schubert, M.: Investitionsgüterhersteller auf dem Weg zum Lösungsanbieter – Eine empirische Studie, Institut Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, Fraunhofer IRB Verlag, 2007.
- [Sc00a] Schütte, R.: Zum Realitätsbezug von Informationsmodellen, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen (Hrsg.), Essen, 2000.
- [Sc00b] Schilling, M.A.: Toward a General Modular Systems Theory and its Application to Interfirm Product Modularity, *Academy of Management Review*, 25(2), S. 312-333, 2000.
- [Sc00c] Schlagheck, B.: Objektorientierte Referenzmodelle für das Prozess- und Projektcontrolling: Grundlagen – Konstruktion – Anwendungsmöglichkeiten, Wiesbaden, 2000.
- [Sc01] Scheer, A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen, Springer Verlag, 2001.
- [Sc02a] Scheer, A.-W.: ARIS – Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem, Springer Verlag, 2002.
- [Sc03a] Schoop, M.: Electronic Negotiations in Business-to-Business E-Commerce. Habilitation RWTH Aachen, 2003.
- [Sc03b] Schumacher, J.: Standards für die Dienstleistungs-Beschreibung – auf dem Weg zum E-Procurement, Fraunhofer IAO, BASF AG, 2003.
- [Sc05a] Schwinn, A.: Entwicklung einer Methode zur Gestaltung von Integrationsarchitekturen für Informationssysteme. Dissertation Universität St. Gallen, Difo Druck, 2005.
- [Sc05b] Schreiner, P.: Gestaltung kundenorientierter Dienstleistungsprozesse, DUV, 2005.
- [Sc07] Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken, Springer Verlag, 2007.
- [Sc08a] Schmidt, C.: Konfiguration überbetrieblicher Koordinationsprozesse im überbetrieblichen Anlagen- und Maschinenbau, Shaker Verlag, 2008.
- [Sc08b] Schmitz, G.: Der wahrgenommene Wert hybrider Produkte: Konzeptuelle Grundlagen und Komponenten. In: Bichler, M.; Hess, T.; Krcmar, H.; Lechner, U.; Matthes, F.; Picot, A.; Speitkamp, B.; Wolf, P. (Hrsg.): Tagungsband zur Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008, GITO Verlag, 2008.
- [Sc09] Schütz, V.E.: Modell zur Planung von Dienstleistungen für das überbe-

- triebliche Gesundheitsmanagement in der Fleischwirtschaft. Dissertation Universität Bonn, 2009.
- [Sc10a] Schuster, T.: Simulation von Geschäftsprozessen, DOAG 2010 Conference, Nürnberg, 2010.
- [Sc10b] Schleife, K.: E-Business-Standards in Deutschland, Bestandsaufnahme, Probleme, Perspektiven, 3. PROZEUS Kongress/Messe 28. Januar 2010, Stuttgart, http://www.prozeus.de/imperia/md/content/prozeus/veranstaltungen/forum_1_berlecon_studie_2010.pdf. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [Sc10c] Schröder, W.: Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement. Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung. Dissertation Montanuniversität, Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, 2010.
- [Sc12a] Schuster, T.: Modellierung, Integration und Analyse von Ressourcen in Geschäftsprozessen. Dissertation Karlsruher Institut für Technologie, 2012.
- [Sc12b] Schrödl, H.: Risikomanagement-Modell für die hybride Wertschöpfung. Dissertation Universität Augsburg, 2012.
- [Sc61] Schneider, E.: Einführung in die Wirtschaftstheorie, Band 1, Theorie des Wirtschaftskreislaufs, 1961.
- [Sc86] Schmenner, R. W.: How Can Service Businesses Survive and Prosper? Sloan Management Review, S. 21-32, 1986.
- [Sc90] Scheer, A.-W.: Unternehmensdatenmodell. In: Information Management, S. 92-94, 1990.
- [Sc91] Scheer, A.-W.: Architektur integrierter Informationssysteme: Grundlagen der Unternehmensmodellierung, Springer Verlag, 1991.
- [Sc94] Scheer, A. W.: Business process engineering: Reference models for industrial enterprises, Springer Verlag, 1994.
- [Sc97a] Scheer, A.-W.: Die Geschäftsprozesse einheitlich steuern. In: Harvard Business Manager, 19. Jahrgang (1997), Heft 1, S. 115-122, 1997.
- [Sc97b] Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, Springer Verlag, 1997.
- [Sc98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle, Gabler Verlag, 1998.
- [Sc99] Scheer, A.-W.: ARIS-House of Business Reengineering, Springer Verlag, 1999.
- [SD06] Spath, D.; Demuß, L.: Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen, S. 463-502, Springer Verlag, 2006.
- [Se09a] Selic, B.: A Systematic Approach to Domain-Specific Language Design Using UML, 10th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC'07), 2009.
- [Se09b] Forschungsprojekt ServPay: <http://www.servpay.de>. Letzter Zugriff am 23.04.2011.
- [SF98] Stabell, C.B.; Fjeldstad, O.D.: Configuring Value for Competitive Advantage: On Chains, Shops, and Networks. In: Strategic Management Journal, Volume 19, No. 5, S. 413-437, 1998.
- [SFH07] Seghezzi, H.D.; Fahrni, F.; Herrmann, F.: Integriertes Qualitätsma-

- nagement: Der St. Galler Ansatz, 2007.
- [SFM10] Schweitzer, E.; Fiekers, C.; Möhrer, J.: Realisierung investiver Produkt-Service Systeme. In: Aurich, J. C.; Clement, M. H. (Hrsg.): Produkt-Service Systeme, Gestaltung und Realisierung, Springer Verlag, 2010.
- [SFS+10] Schleife, K.; Flug, M.; Stiehler, A.; Dufft, N.: E-Business-Standards in Deutschland, Berlecon Research Studie 2010, http://www.berlecon.de/studien/downloads/Berlecon_eStandards2010.pdf. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [SG06] Schuh, G.; Gierth, A.: Einführung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, S. 3-7, Springer Verlag, 2006.
- [SGK06] Scheer, A.-W.; Grieble, O.; Klein, R.: Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering. Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen, S. 19-51, Springer Verlag, 2006.
- [SGK09] Satzger, G.; Ganz, W.; Kieninger, A.: Service Science – das unbekannte Wesen. In: Spath, D. (Hrsg.): Arbeit- und Dienstleistungsforschung als Innovationstreiber. Bilanzen, Herausforderungen, Zukünfte. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, S. 126-130, Fraunhofer IRG Verlag, 2009.
- [SH05] Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik, Springer Verlag, 2005.
- [SH06] Scholz-Reiter, B.; Höhns, H.: Selbststeuerung logistischer Prozesse mit Agentensystemen. In: Schuh, G.; Schmidt, C. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, S. 745-776, Springer Verlag, 2006.
- [Sh77] Shostack, G.: Breaking Free From Product Marketing. In: Lovelock, C. H.: Services Marketing, S. 37-47, ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1977.
- [Sh82] Shostack, G. L.: How to Design a Service. In: European Journal of Marketing, 16 (1982) 1, S. 49-63, 1982.
- [SHV+06] Schemm, J.; Heutschi, R.; Vogel, T.; Wende, K.; Legner, C.: Serviceorientierte Architekturen: Einordnung im Business Engineering, Universität St. Gallen, 2006.
- [Si88] Sinz, E. J.: Das Strukturierte Entity-Relationship-Modell (SER-Modell). In: Angewandte Informatik 5/1988, S. 191-202, 1988.
- [Si97] Siebert, G.: Prozess-Benchmarking – Methode zum branchenunabhängigen Vergleich von Geschäftsprozessen. Dissertation Universität TU Berlin, 1997.
- [SJ02] Scheer, A.-W.; Jost, W.: ARIS in der Praxis, Springer Verlag, 2002.
- [Sk00] Skall, M.: Die Auftragsabwicklung bei Unikatfertigern im Zulieferbereich des Chemiegrossanlagenbaus, Shaker Verlag, 2000.
- [SK06] Steimann, F.; Kühne, T.: Zustandstypen als Schlüssel zur Integration statischer und dynamischer Sichten der objektorientierten Modellierung. In: Mayer, H. C. (Hrsg.): Tagungsband zur Modellierung 2006, GI LNI, 2006.
- [SK93] Zypersii, N.; Klein, S.: Informationslogistik und virtuelle Organisationen, DBW 53, Nr. 2, S. 187-208, 1993.
- [SKS10] Schoop, M.; Kordowich, P.; Schneider, B.: Organisatorische Herausfor-

- derungen von Dienstleistungen – Untersuchung der Kommunikationsprozesse in der Bauindustrie. In: Projekt-Arbeitsbericht 5 des Forschungsprojekts SInProD, <http://www.sinprod.de/images/docs/sinprod%20ab5%20-%20organisation.pdf>. Letzter Zugriff am 26.03.2010.
- [SL80] Su, S.; Lo, D.: A Semantic Association Model for Conceptual Design, Proceedings of the 1st International Conference on the Entity-Relationship Approach to Systems Analysis and Design North-Holland Publishing Co. Amsterdam, 1980.
- [SLK04] Schmitz, V.; Leukel, J.; Kelkar, O.: Spezifikation BMEcat 2005, 2004, <http://www.bmecat.de>. Letzter Zugriff am 12.08.2012.
- [SM08] Schmitz, G.; Modlich, S.: Wettbewerbsprofilierung mittels hybrider Produkte. In: Industrie Management (24), Nr. 5, S. 53-56, 2008.
- [SM09] Sydow, J.; Möllering, G.: Produktion in Netzwerken: Make, Buy & Cooperate, Vahlen Verlag, 2009.
- [SMS+09] Stähler, D.; Meier, I.; Scheuch, R.; Schmülling, C.; Somssich, D.: Enterprise Architecture, BPM und SOA für Business-Analysten – Leitfaden für die Praxis, Hanser Verlag, 2009
- [SO02] Smeltzer, L.R.; Ogden, J.A.: Purchasing Professionals' Perceived Differences between Purchasing materials and Purchasing Services. In: Journal of Supply Chain Management 38 (19), S. 54-70, 2002.
- [So08] Sommereder, M.: Modellierung von Warteschlangensystemen mit Markov-Ketten: Grundlagen – Konzepte – Methoden, VDM Verlag Dr. Müller, 2008.
- [So10] Softwaretop 100: <http://softwaretop100.org/list2009.php>. Letzter Zugriff am 14.04.2010.
- [Sp03] Spiegel, T.: Prozessanalyse in Dienstleistungsunternehmen. Hierarchische Integration strategischer und operativer Methoden im Dienstleistungsmanagement, DUV, 2003.
- [Sp08] Spring, M.: Towards a Theory of Service Supply Chain, 15th International Annual Euroma Conference, 2008.
- [Sp09] Spangenberger, D.: Einkauf von Dienstleistungen: typenspezifische Gestaltung des Einkaufsprozesses, TCW-Transfer-Centrum für Produktionslogistik und Technologie-Management, 2009.
- [Sp12] Sparxsystems: <http://www.sparxsystems.com.au/products/index.html>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [Sr07] Srari, J. S.: Supply network integration in multi-organisational network systems, International Journal of Manufacturing Research, Volume 6(2), S. 122-133, 2007.
- [SRS93] Scheer, A.-W.; Rosemann, M.; Schütte, R.: Integrationsmanagement, Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik Nr. 65, 1999.
- [SS03] Staab, S.; Studer, R.: Handbook on Ontologies, Springer Verlag, 2003.
- [SS06] Schuh, G.; Schmidt, C.: Prozess. In: Schuh, G.; Schmidt, C. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, S. 108-194, Springer Verlag, 2006.
- [SS07] Schuh, G.; Schmidt, C.: Effiziente Informationslogistik im Maschinenbau – Durchgängiger Standard für die unternehmensübergreifende Produktionsplanung und -steuerung. In: wt Wertstattechnik online 97 (4), S. 272-278, 2007.

- [SS08] Schuh, G.; Schweicher, B.: Grundlagen. In: Schuh, G. (Hrsg.): Effiziente Auftragsabwicklung mit myOpenFactory, S. 6-30, Hanser Verlag, 2008.
- [SS10] Schmelzer, H.; Sesselmann, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis, Hanser Verlag, 2010.
- [SSN09] Satzger, G.; Schulteß, P.; Neus, A.: Knowledge Intensive Services Procurement Strategy, KSRI Research Report 2009, http://www.ksri.kit.edu/downloads/Knowledge_Intensive_Services_Procurement_Strategy_KSRI_Research_Report.pdf. Letzter Zugriff am 07.07.2011
- [St01] Staud, J.: Geschäftsprozessanalyse: Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für Betriebswirtschaftliche Standardsoftware, Springer Verlag, 2001.
- [ST02] Stremersch, S.; Tellis, G.J.: Strategic Bundling of Products and Prices: A New Synthesis for Marketing. In: Journal of Marketing, Volume 66, No. 1, S. 55-72, 2002.
- [St04] Strüver, S.-C.: Mehrdimensionales Komplexitätsmanagement als kritischer Erfolg für EAI. In: Aier, S.; Schönherr, M. (Hrsg.): Enterprise Application Integration: Serviceorientierung und nachhaltige Architekturen, Reihe: Enterprise Architecture, Band 2, S. 301-334, GITO Verlag, 2004.
- [St05] Stehno, C.: Interchangeable High-level Time Petri Nets, PNML Workshop – Towards an ISO/IEC Standard Transfer Syntax for Petri Nets, 2005.
- [St06] Stauss, B.: Plattformstrategie im Dienstleistungsbereich. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering, S. 321-340, Springer Verlag, 2006.
- [St07a] Stoll, P.: E-Procurement: Grundlagen, Standards und Situation am Markt, Vieweg Verlag, 2007.
- [St07b] Stahl, T. (Hrsg.): Modellgetriebene Softwareentwicklung: Techniken, Engineering, Management, dpunkt Verlag, 2007.
- [St07c] Stemmann, B.: Die Erfolgswahrscheinlichkeit von Standards für Geschäftsdaten, DUV, 2007.
- [St08] Stoll, P.: Der Einsatz von E-Procurement in mittelgroßen Unternehmen: Konzeptionelle Überlegungen und explorative Untersuchung, Gabler Verlag, 2008.
- [St09] Staud, J.: Unternehmensmodellierung: Objektorientierte Theorie und Praxis mit UML 2.0, Springer Verlag, 2009.
- [St12] Strunz, M.: Instandhaltung. Grundlagen – Strategien – Werkstätten, Springer Vieweg Verlag, 2012.
- [St90] Starke, P. H.: Analyse von Petri-Netz-Modellen, Teubner Verlag, 1990.
- [St91] Striening, H.-D.: Rationalisierungsanalysen und -maßnahmen im Gemeinkostenbereich. In: Wirth, F.-J. (Hrsg.): Aktivitätscontrolling und Prozesskostenmanagement, S. 131-149, Schäffer-Poeschel Verlag, 1991.
- [St94] Stauss, B.: Dienstleistungsmarken. In: Bruhn, M. (Hrsg.): Handbuch Markenartikel, Band 1, S. 79-103, Stuttgart, 1994.
- [St95] Stauder, T.: Qualitätsmanagement im Kundenservice: Logistik, Finanzierung und Beratung im deutschen Biermarkt, Wiesbaden, 1995.

- [St96a] Strahinger, S.: Metamodellierung als Instrument des Methodenvergleichs: Eine Evaluierung am Beispiel objektorientierter Analysemethoden, Shaker Verlag Aachen, 1996.
- [St96b] Stauss, B.: Dienstleistungen als Faktoren. In: Kern, W.; Schröder, H.-H., Weber, J. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, S. 318-327, Stuttgart, 1996.
- [STLB11] STLB Bau Online: <http://www.stlb-bau-online.de/>. Letzter Zugriff am 23.04.2011.
- [SV11] Schütte, R.; Vering, O.: Erfolgreiche Geschäftsprozesse durch moderne Warenwirtschaftssysteme: Produktübersicht marktführender Systeme und Auswahlprozess, Springer Verlag, 2011.
- [SV98] Shapiro, C.; Varian, Hal R.: Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy, Harvard Business School Press, 1998.
- [SVE+07] Stahl, T.; Völter, M.; Efftinge, S.; Haase, A.: Modellgetriebene Softwareentwicklung. Techniken, Engineering, Management, dpunkt Verlag, 2007.
- [SVO+11] Schönthaler, F.; Vossen, G.; Oberweis, A.; Karle, T.: Geschäftsprozesse für Business Communities – Modellierungssprachen, Methoden, Werkzeuge, Oldenbourg Verlag, 2011.
- [SW08] Schelp, J.; Winter, R.: Entwurf von Anwendungssystemen und Entwurf von Enterprise Services – Ähnlichkeiten und Unterschiede, Wirtschaftsinformatik, 50 (1), S. 6-15, 2008.
- [SWT13] Eclipse SWT: <http://www.eclipse.org/swt>. Letzter Zugriff am 16.02.2013.
- [Sy10] Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwerkorganisationen, Gabler Verlag, 2010.
- [SZ03] Schneckenbach, R.; Zier, A.: Collaborative SCM in Branchen, Galileo Press, 2003.
- [SZ10] Schulte-Zurhausen, M.: Organisation, Vahlen Verlag, 2010.
- [SZ87] Stock, J. R.; Zinszer, P. H.: The industrial purchase decision for professional services. In: Journal of Business Research, Volume 15, No. 1, S. 1-16, 1987.
- [Sz93] Szmigin, I. T. D.: Managing quality in Business-to-Business-Services. In: European Journal of Marketing, Volume 27, No. 1, S. 5-21, 1993.
- [Te99] Teubner, R. A.: Organisations- und Informationssystemgestaltung: Theoretische Grundlagen und integrierte Methoden. Dissertation Universität Münster, 1999.
- [Th03] Thaler, K.: Supply Chain Management. Prozessoptimierungen in der logistischen Kette, Fortis Bildungsverlag EINS, 2003.
- [TH05] Tretiakov, A.; Hartmann, S.: Higher-Order Entity Relationship Modeling with UML, S. 205-214, Fifth International Conference on Quality Software (QSIC'05), 2005.
- [Th06] Thomas, O.: Management von Referenzmodellen: Entwurf und Realisierung eines Informationssystems zur Entwicklung und Anwendung von Referenzmodellen, Logos Verlag, 2006.
- [Th08] Thiell, M.: Strategische Beschaffung von Dienstleistungen: Eine Grundlegung und Untersuchung der Implikationen dienstleistungsspezifischer Objektmerkmale auf Basis institutionenökonomischer Ansätze, VDM Verlag Dr. Müller, 2008.

- [Th89] Thalheim, B.: The Higher-Order Entity-Relationship Model and (DB) 2, *Mathematical Fundamentals of Database Systems*, S. 382-397, 1989.
- [TK01] Tenenbaum, J. M.; Khare, R.: Business Service Networks: Delivering the Promises of B2B. In: *Proceedings of the IEEE EEE05 International Workshop on Business Services Networks*, Hong Kong, IEEE Press, 2001.
- [TKB07] Tuli, K.; Kohli, A.; Bharadwaj, S.: Rethinking Customer Solutions: From Product Bundles to Relational Processes, *Journal of Marketing*, Volume 71, S. 1-17, 2007.
- [Tö07] Töpfer, A.: *Betriebswirtschaftslehre: Anwendungs- und prozessorientierte Grundlagen*, Springer Verlag, 2007.
- [To80] Toffler, A.: *Die Dritte Welle: Zukunftschance – Perspektiven für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts*, München, 1980.
- [Tr11] Trunko, R.: *Kontextsensitive Ausnahmebehandlung in Geschäftsprozessen*. Dissertation Karlsruher Institut für Technologie, 2011.
- [TWL+07a] Thomas, O.; Walter, P.; Loos, P.; Schlicker, M.; Nüttgens, M.: Hybride Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau: Prozessorientierte Integration von Produktentwicklung und Servicedokumentation zur Unterstützung des technischen Kundendienstes. In: Oberweis, A. et al. (Hrsg.): *eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering: 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik*, Band 1, S. 403-420, Universitätsverlag Karlsruhe, 2007.
- [TWL+07b] Thomas, O.; Walter, P.; Loos, P.; Nüttgens, M.; Schlicker, M.: Mobile Technologies for efficient Service Processes: A case study in the German Machine and Plant Construction Industry, *Proceedings of the Thirteenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, 2007.
- [TYF86] Teorey, T.; Yang, D.; Fry, J.: A Logical Design Methodology for Relational Databases Using the Extended Entity-Relationship Model, *Computing Surveys*, Volume 18, No. 2, 1986.
- [UI04] Ullrich, F.: *Verdünnte Verfügungsrechte. Konzeptualisierung und Operationalisierung der Dienstleistungsqualität auf der Grundlage der Property Rights Theorie*, Wiesbaden, 2004.
- [UI11] UltraEdit: <http://www.ultraedit.com>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [UI95] Ulrich, K.: The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24(3), S. 419-441, 1995.
- [UN08] United Nations Economic Commission for Europe: UN/EDIFACT Standard Directories for electronic data interchange for administration, commerce and transport. Technical report, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2008, <http://www.unece.org/trade/untdid/welcome.htm>. Letzter Zugriff am 27.11.2011.
- [UNSPCS01] UNSPSC: Why Coding and Classifying Products is Critical to Success in Electronic Commerce – Using the UNSPSC, White Paper, Granada Research, 2001.
- [UNSPCS03] UNSPSC: Better Supply Management with UNSPSC – Adopting UNSPSC, 2003, <http://www.unspsc.org/AdminFolder/Documents/adopting-unspsc.pdf>. Letzter Zugriff am 17.03.2012.
- [VA00] Verbeek, E.; van der Aalst, W.M.P.: Woflan 2.0: a Petri-net-based workflow diagnosis tool, *Proceedings of the 21st international confer-*

- ence on Application and theory of petri nets (ICATPN'00), S. 475-484, 2000.
- [VAC+09] Vogel, O.; Arnold, I.; Chughtai, A.; Ihler, E.; Kehrer, T.; Mehlig, U.; Zdun, U.: Software-Architektur: Grundlagen – Konzepte – Praxis, Spektrum Akademischer Verlag, 2009.
- [VBB04] Voeth, M.; Backhaus, K.; Büschken, J.: International Marketing Hampshire, 2004.
- [VDI96a] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI 3633:1996-12: Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen – Begriffsdefinitionen, 1996.
- [VDI96b] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI 2895:1996-12: Organisation der Instandhaltung – Instandhalten als Unternehmensaufgabe, 1996.
- [VDMA01] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA): Produktbezogene Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau: Zusammenfassung der Ergebnisse der Tendenzbefragung 2001, Frankfurt, 2001.
- [VDMA02] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA): VDMA 24186-1:2002-09: Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen, Beuth Verlag, 2002.
- [VDMA09] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA): Unternehmensgrößenklassen im Maschinenbau, 2009, http://www5.vdma.org/wps/portal/Home/de/VDMAThemen/Maerkte_und_Konjunktur/Branchenportraet/VwS_20110624_A_DerdeutscheMaschinenbau?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/vdma/Home/de/VDMAThemen/Maerkte_und_Konjunktur/Branchenportraet/VwS_20110624_A_DerdeutscheMaschinenbau. Letzter Zugriff am 13.05.2012.
- [VDMA12] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), <http://www.vdma.org>. Letzter Zugriff am 13.05.2012.
- [VDMA14] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA): Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau, 2014, <http://www.vdma.org/article/-/articleview/648216>. Letzter Zugriff am 23.05.2014.
- [Ve86] Vernadat, F.: Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications, Chapman & Hall, 1996.
- [VJW04] Vollmann, T.; Jacobs, W.B.R.; Whybark, D.: Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management, McGraw-Hill, 2004.
- [VL04] Vargo, S.L.; Lusch, R.F.: Evolving to a New Dominant Logic for Marketing, *Journal of Marketing* 68 (January), S. 1-17, 2004.
- [VN08] Volker, R.; Neu, J.: Supply Chain Collaboration: Kollaborative Logistikkonzepte für Third- und Fourth-Tier-Zulieferer, Physica Verlag, 2008.
- [Vo04] Vogler, P.: Prozess- und Systemintegration: Evolutionäre Weiterentwicklung bestehender Informationssysteme mit Hilfe von Enterprise Application Integration. Habilitation Universität St. Gallen, 2004.
- [Vo08] Vossen, G.: Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme, Oldenbourg Verlag, 2008.

- [Vo11] Vonhoegen, H.: Einstieg in XML, Grundlagen, Praxis, Referenz, Galileo Press, 2011.
- [VOD+08] Voudouris, C.; Owusu, G.; Dorne, R.; Lesaint, D.: Service Chain Management, Springer Verlag, 2008.
- [W3C01a] World Wide Web Consortium (W3C): Web Service Description Language (WSDL) Version 1.1, 2001, <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C01b] World Wide Web Consortium (W3C): DAML+OIL, Reference Description W3C Note, <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference/>. Letzter Zugriff am 13.03.2014.
- [W3C04a] World Wide Web Consortium (W3C): XML Schema Part 0: Primer Second Edition, 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xmlschema-2-20041028/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C04b] World Wide Web Consortium (W3C): XML Schema Part 1: Structures Second Edition, 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xmlschema-1-20041028/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C04c] World Wide Web Consortium (W3C): XML Schema Part 2: Datatypes Second Edition, 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xmlschema-0-20041028/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C04d] World Wide Web Consortium (W3C): OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax W3C Recommendation 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>. Letzter Zugriff am 13.03.2014.
- [W3C05] World Wide Web Consortium (W3C): Unified Service Description Language (USDL), <http://www.w3.org/2005/Incubator/usdl/XGR-usdl-20111027/>. Letzter Zugriff am 20.12.2013.
- [W3C06a] World Wide Web Consortium (W3C): Namespaces in XML 1.1 (Second Edition), 2006, <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-names11-20060816/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C06b] World Wide Web Consortium (W3C): Extensible Stylesheet Language (XSL) Version 1.1, 2006, <http://www.w3.org/TR/xsl11/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C06c] World Wide Web Consortium (W3C): Web Services Choreography Description Language: Primer, W3C Working Draft, 2006, <http://www.w3.org/TR/ws-cdl-10-primer/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C07a] World Wide Web Consortium (W3C): XSL Transformations (XSLT) Version 2.0, 2007. <http://www.w3.org/TR/2007/REC-xslt20-20070123/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C07b] World Wide Web Consortium (W3C): SOAP Version 1.2, 2007, <http://www.w3.org/TR/soap/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C07c] World Wide Web Consortium (W3C): Web Service Description Language (WSDL) Version 2.0, 2007, <http://www.w3.org/TR/wsdl20/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C07d] World Wide Web Consortium (W3C): SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition). W3C Recommendation, 2007, <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>. Letzter Zugriff am 31.12.2011.
- [W3C08] World Wide Web Consortium (W3C): Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition), 2008, <http://www.w3.org/TR/2008/REC->

- xml-20081126/. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C09a] World Wide Web Consortium (W3C): W3C XML Schema Definition Language (XSD) 1.1 Part 1: Structures, W3C Working Draft 2009, <http://www.w3.org/TR/2009/WD-xmlschema11-1-20091203/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C09b] World Wide Web Consortium (W3C): XML Schema Definition Language (XSD) 1.1 Part 2: Datatypes, W3C Working Draft 2009, <http://www.w3.org/TR/2009/WD-xmlschema11-2-20091203/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C10a] World Wide Web Consortium (W3C): XML Path Language (XPath) 2.0 (Second Edition), 2010, <http://www.w3.org/TR/2010/REC-xpath20-20101214/>. Letzter Zugriff am 08.05.2011.
- [W3C10b] World Wide Web Consortium (W3C): XQuery 1.0: An XML Query Language (Second Edition), 2010, <http://www.w3.org/TR/2010/REC-xquery-20101214/>. Letzter Zugriff am 08.05.2011.
- [W3C11a] World Wide Web Consortium (W3C): XQuery and XPath Full Text 1.0, 2011, <http://www.w3.org/TR/2011/REC-xpath-full-text-10-20110317/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C11b] World Wide Web Consortium (W3C): Hypertext Transfer Protocol 1.1, 2011, <http://www.w3.org/Protocols/>. Letzter Zugriff am 22.05.2011.
- [W3C14] World Wide Web Consortium (W3C): Resource Description Framework Schema RDF Schema 1.1, W3C Recommendation 25 February 2014, <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>. Letzter Zugriff am 13.03.2014.
- [Wa05] Wannenwetsch, H.: Vernetztes Supply Chain Management: SCM-Integration über die gesamte Wertschöpfungskette, Springer Verlag, 2005.
- [Wa06] Walther, R.: Service Level Agreements, VDM Verlag Dr. Müller, 2006.
- [Wa07] Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik – Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, Springer Verlag, 2007.
- [Wa10a] Wannenwetsch, H.: Beschaffungs- und Einkaufsmanagement, Springer Lehrbuch, 2010.
- [Wa10b] Walter, P.: Technische Kundendienstleistungen: Einordnung, Charakterisierung und Klassifikation. In: Thomas, O. et al. (Hrsg.): Hybride Wertschöpfung, Springer Verlag, 2010.
- [WB99] Wise, R.; Baumgartner, P.: Go downstream: The New Profit Imperative in Manufacturing. In: Harvard Business Review, Volume 77, No. 5, S. 133-141, 1999.
- [WE01] Wirtz, B. W.; Eckert, U.: Electronic Procurement – Einflüsse und Implikationen auf die Organisation der Beschaffung. In: Zeitschrift Führung + Organisation, 70. Jahrgang (2001), Nr. 3, S. 151-158, 2001.
- [We05] Weißenfels, S.: Ressourcenorientierte Aufteilung von Aktivitäten in industriellen Dienstleistungsnetzwerken. Dissertation Universität Bochum, 2005.
- [We06a] van Weele, A. J.: Purchasing and Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice, Thomson Verlag, 2006.
- [We06b] Werth, D.: Kollaborative Geschäftsprozesse. Integrative Methoden zur modellbasierten Deskription und Konstruktion. Dissertation Universität

- des Saarlandes, 2006.
- [We06c] Wenger, R.: Elektronischer Vergabeprozess bei direkten Gütern. Dissertation Universität St. Gallen, 2006.
- [We07] Weske, M.: Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures, Springer Verlag, 2007.
- [We08] Weigel, N.: Datenqualitätsmanagement – Steigerung der Datenqualität mit Methode. In: Hildebrand, K.; Gebauer, M.; Hinrichs, H. (Hrsg.): Daten- und Informationsqualität. Auf dem Weg zur Information Excellence, S.68-87, Vieweg + Teubner Verlag, 2008.
- [We95] Weber, J.: Methodik zur Generierung von Logistik-Kennzahlen. In: Weber, J. (Hrsg.): Kennzahlen für die Logistik, Schäffer-Poeschel Verlag, 1995.
- [WfMC08] Workflow Management Coalition (WfMC): Process Definition Interface – XML Process Definition Language, 2008, <http://www.wfmc.org/Download-document/WFMC-TC-1025-Oct-10-08-A-Final-XPDL-2.1-Specification.html>. Letzter Zugriff am 15.08.2011.
- [WfMC95] Workflow Management Coalition (WfMC): The Workflow Reference Model, Document Number TC00-1003, Issue 1.1, 19. Januar 1995, <http://www.wfmc.org/standards/docs/tc003v11.pdf>. Letzter Zugriff am 15.08.2011.
- [WfMC99] Workflow Management Coalition (WfMC): The Workflow Management Coalition Specification Workflow Management Coalition Terminology & Glossary Document Number WFMC-TC-1011, <http://www.wfmc.org/Download-document/WFMC-TC-1011-Ver-3-Terminology-and-Glossary-English.html>. Letzter Zugriff am 15.08.2011.
- [WHK+08] Wütherich, G.; Hartmann, N.; Kolb, B.; Lübken, M.: Die OSGi Service Platform – Eine Einführung mit Eclipse Equinox, dpunkt Verlag, 2008.
- [WHS11] Weiss, P.; Herfurth, M.; Schumacher, J.: Leverage Productivity Potentials in Service-oriented Procurement Transactions: E-Standards in Service Procurement, 2011 RESER Conference, "Productivity of Services Next Gen – Beyond Output / Input", Hamburg, Germany, 2011.
- [Wi00] Wildemann, H.: Einkaufspotentialanalyse: Programme zur Partnerschaftlichen Erschließung von Rationalisierungspotentialen, TCW Transfer-Centrum, 2000.
- [Wi05] Wildemann, H.: Wertschöpfung und Wettbewerb: Haben Unternehmen eine Heimat?, TCW Transfer-Centrum, 2005.
- [Wi07a] Winkelmann, K.: Prospektive Bewertung der kooperativen Erbringung industrieller Dienstleistungen im Maschinenbau durch Simulation mit Petri-Netzen. Dissertation RWTH Aachen, 2007.
- [Wi07b] Wilhelm, R.: Prozessorganisation, Oldenbourg Verlag, 2007.
- [Wi09] Winter, R. (Hrsg.): Management von Integrationsprojekten – Konzeptuelle Grundlagen und Fallstudien aus fachlicher und IT-Sicht, 2009.
- [Wi10] Wildemann, H.: Total Quality Management: Vorgehen und Fallstudien zur Steigerung der Unternehmensqualität, 2010.
- [Wi12a] Wirtschaftslexikon 24: <http://www.wirtschaftslexikon24.net/d/modular-sourcing/modular-sourcing.htm>. Letzter Zugriff am 28.10.2012.
- [Wi12b] Wildemann, H.: Prozess-Benchmarking – Leitfaden zur Erreichung von Quantensprüngen in Geschäftsprozessen, TCW Verlag, 2012.

- [Wi96] Wildemann, H.: Beschaffungslogistik, Produktion und Management – Teil 2. Springer Verlag, 1996.
- [WK03] Wilsdorf-Köhler, H.: Wettbewerbsvorteile für Konsumgüterhersteller, DUV, 2003.
- [WKV+10] Werth, D.; Kupsch, F.; Vanderhaeghen, D.; Walter, P.; Loos, P.: Unternehmensübergreifendes Prozessmanagement. In: Jochem, R.; Mertens, K.; Knothe, T. (Hrsg.): Prozessmanagement: Strategien, Methoden, Umsetzung, Symposium Verlag, 2010.
- [WL06a] Winkelmann, K.; Luczak, H.: Prospective Analysis of Cooperative Provision of Industrial Services Using Coloured Petri Nets, Petri Nets and Other Models of Concurrency – ICATPN 2006 Lecture Notes in Computer Science, Volume 4024/2006, S. 362-380, 2006.
- [WL06b] Windahl, C.; Lakemond, N.: Developing integrated solutions: The importance of relationships within the network. In: Industrial Marketing Management, Volume 35 (2006), No. 7, S. 806-818, 2006.
- [WM06] Wiendahl, H.-H.; Meyer, M.: Methodische Grundlagen. In: Schuh, G.; Westkämper, E. (Hrsg.): Liefertreue im Maschinen- und Anlagenbau. Stand – Potenziale – Trends, S. 11-18, 2006.
- [WN04] Wannenwetsch, H.; Nicolai, S. (Hrsg.): E-Supply Chain Management, Gabler Verlag, 2004.
- [Wo01] Woratschek, H.: Preisbildung im Dienstleistungsbereich auf Basis von Marktinformationen. In: Bruhn, M.; Meffert, H. (Hrsg.): Handbuch Dienstleistungsmanagement: Von der strategischen Konzeption zur praktischen Umsetzung, S. 607-625, 2001.
- [Wö03] Wölfl, R.: Stellenwert von E-Business-Integrationsprojekten in Unternehmen. In: Schubert, P.; Wölfl, R.; Dettling, W. (Hrsg.): E-Business Integration. Fallstudien zur Optimierung elektronischer Geschäftsprozesse, S. 23-38, 2003.
- [Wö05] Wölfl, A.: The Service Economy in OECD Countries, STI Working paper 2005/3, OECD, 2005.
- [Wo96] Woratschek, H.: Die Typologie von Dienstleistungen aus informationsökonomischer Sicht. In: der markt, 35. Jahrgang, S. 59-71, 1996.
- [WR07] Weichselbaum, E.; Rothböck, M.: Das Konzept Fixe Lieferzeiten (Li-Fix). In: Klaus, P.; Staberhofer, F.; Rothböck, M. (Hrsg.): Steuerung von Supply Chains: Strategien Methoden Beispiele, Gabler Verlag, 2007.
- [WRR07] Weber, B.; Rinderle, S.; Reichert, M.: Change Patterns and Change Support Features in Process-Aware Information Systems, Advanced Information Systems Engineering Lecture Notes in Computer Science, Volume 4495/2007, S. 574-588, 2007.
- [WRS06] Woratschek, H.; Roth, S.; Schafmeister, G.: Dienstleistungscontrolling unter Berücksichtigung verschiedener Wertschöpfungskonfigurationen – Eine Analyse am Beispiel der Balanced Scorecard. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Dienstleistungscontrolling, S. 253-274, 2006.
- [WRS07] Woratschek, H.; Roth, S.; Schafmeister, G.: Ansätze zur Analyse von Wertschöpfungsprozessen – Eine theoretische und empirische Betrachtung der Besonderheiten bei Dienstleistungen. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Forum Dienstleistungsmanagement: Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen, S. 29-49, Gabler Verlag, 2007.

- [WRW00] Winkeler, T.; Raupach, E.; Westphal, L.: EAI – Enterprise Application Integration – Die Pflicht vor der E-Business-Kür. In: PwC Deutsche Revision (Hrsg): Leitfaden E-Business – Erfolgreiches Management. Frankfurt am Main, 2000, http://www.pwc.de/30000_publicationen/getattach.asp?id=207. Letzter Zugriff am 15.05.2011.
- [WS09] Wölflle, R.; Schubert, P.: Dauerhafter Erfolg mit Business-Software, Carl Hanser Verlag, 2009.
- [WS94] Wang, R.; Strong, D.: Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. In: Journal of Information Management Systems 12, Nr. 4, S. 12-33, 1994.
- [WSH09] Weiss, P.; Schumacher, J.; Herfurth, M.: eBusInstand: Standardisierung für den elektronischen Geschäftsverkehr, Pressebericht, 2009, http://www.silicon.de/management/mittelstand/0,39044010,41006063,0/ebusinstand_standardisierung_fuer_den_elektronischen_geschaeftsverkehr.htm. Letzter Zugriff am 11.03.2011.
- [WY09] Wu, H.; Yang, S.: Service Supply Chain: a Conceptual Framework Compared with Manufacturing Supply Chain, 2009.
- [XM11] XMLmind XML: <http://www.xmlmind.com/xmleditor>. Letzter Zugriff am 24.06.2012.
- [Yi94] Yin, R.K.: Case Study Research: Designs and Methods, SAGE Publications, London, 1994.
- [YZM08] Yu, M.; Zhang, W.; Meier, H.: Modularization Based Design for Innovative Product-Related Industrial Service, IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, IEEE/SOLI 2008, S. 48-53, 2008.
- [ZD04] Ziegler, P.; Dittrich, K. R.: Three Decades of Data Integration – All Problems Solved? In: Proceedings of the IFIP 18th World Computer Congress (WCC 2004), S. 3-12, Toulouse, 2004.
- [ZDH+06] Zaha, J.M.; Dumas, M.; ter Hofstede, A.H.M.; Barros, A.; Decker, G.: Service Interaction Modeling: Bridging Global and Local Views. In: Proceedings 10th IEEE International EDOC Conference (EDOC), S. 45-55, IEEE Computer Society, 2006.
- [Ze08] Zellner, G.: Gestaltung hybrider Wertschöpfung mittels Architekturen – Analyse am Beispiel des Business Engineering. In: Zeitschrift Wirtschaftsinformatik Jahrgang 50, Heft 3, 2008.
- [Ze86] Zelewski, S.: Schnittstellen bei betrieblichen Informationssystemen – eine Darstellung aus systemtheoretischer und betriebswirtschaftlicher Sicht, Arbeitsbericht des Seminars für allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft, Köln, 1986.
- [Ze95] Zelewski, S.: Petrinetzbasierte Modellierung komplexer Produktionssysteme, Band 8: Charakterisierung des Petrinetz-Konzepts, Arbeitsbericht Nr. 13, Institut für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft, Universität Leibzig, 1995, 42-36 www.pim.wiwi.uni-due.de/uploads/tx_itochair3/publications/leipzig_arbeitsbericht_nr_13.pdf. Letzter Zugriff am 17.07.2013.
- [ZEZ07] Ziemeck, H.; Elke, G.; Zimolong, B.: Kundenorientierung als Erfolgsfaktor von Dienstleistern – ausgewählte empirische Ergebnisse. In: Schäfer, E.; Puch, M.; Pahls, I.; Pfitzmann, J. (Hrsg.): Arbeitsleben. Arbeitsanalyse, Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung. Fest-

- schrift für Ekkehart Frieling, S. 178-201, University Press Kassel, 2007.
- [Zi01] Zimmer, T.: Petri-Netz-Konzepte für die Simulation verteilter betrieblicher Abläufe. Dissertation J.W. Goethe-Universität Frankfurt am Main, 2001.
- [Zi07] Zirpins, C.: Interaktionsorientierte Komposition virtueller Dienstleistungen. Dissertation Universität Hamburg, 2007.
- [ZPK07] Zeigler, B.P.; Praehofer, H.; Kim, T.G.: Theory of modeling and simulation. Integrating discrete event and continuous complex dynamic systems. Academic Press, Amsterdam, 2007.
- [ZS06] Zahn, E.; Stanik, M.: Integrierte Entwicklung von Dienstleistungen und Netzwerken – Dienstleistungskooperationen als strategischer Erfolgsfaktor. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.: Service Engineering, S. 299-319, Springer Verlag, 2006.
- [ZTP03] Zimmermann, O.; Tomlinson, M.; Peuser, S.: Perspectives on Web Services, Springer Verlag, 2003.
- [ZWM+07] Ziemann, J.; Werth, D.; Matheis, T.; Kahl, T.: Towards Tool Support for Integrated Modeling of Private and Public Business Processes, Proceedings of Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2007.

Stichwortverzeichnis

Dienstleistung

Dienstleistung.....	89, 161
Dienstleistungsbeschreibungssprachen	138
Dienstleistungsqualität	99
hybride Wertschöpfung.....	101
hybrides Produkt	101
Immaterialität	96
industrielle Dienstleistung.....	104, 174
industrielle Instandhaltungsdienstleistung.....	111
Instandhaltung.....	111
Integration externer Faktoren....	96, 170
Service Engineering	137

Dienstleistungsbeschaffung

Auftragsabwicklung	118
Beschaffung.....	114
Beschaffungsphasen.....	116
Beschaffungsprozessaktivitäten	115
Beschaffungsprozessstypen	116
elektronische Dienstleistungsbeschaffung	133
industrielle Dienstleistungsbeschaffung	113
Industrielle Dienstleistungsnetzwerke	122
Modulare Servicearchitekturen	136
Service Chain	123, 185
Service Chain Management	124
Unternehmensnetzwerke	122
Wertschöpfungsprozesse.....	127
Wertschöpfungsstrukturen	128

domänenspezifisches Vorgehensmodell

.....	13
-------	----

extended Meta Model for Service

Procurement (eMSP)	163, 187, 203
Administrationssicht	174
Datensicht.....	168
Organisationssicht.....	171
Prozesssicht.....	166
Ressourcensicht.....	174

Geschäftsprozess

elektronischer Geschäftsprozess	25
Geschäftsprozess.....	20
Geschäftsprozessmanagement	19
Prozessobjekt	23
Serviceobjekt.....	28, 203, 295
Serviceprozess.....	27, 186

Grundsätze ordnungsgemäßer

Modellierung (GoM)	180, 181, 269
--------------------------	---------------

Harmonisierung

Datenharmonisierung	40, 330, 338
Harmonisierung von Geschäftsprozessen.....	38, 250

Harmonisierungslösung.....

eCI@ss	330
--------------	-----

Informationsmanagement.....

.....	28
-------	----

Informationssysteme

E-Catalogue Management System (CMS)	34
Enterprise Resource Planning System (ERP)	33
E-Procurement-System	34
Informationssystem.....	31
prozessorientiertes Informationssystem (POIS).....	31
Supplier Relationship Management System (SRM)	34

- Supply Chain Management System (SCM) 34
- Integration
- Anwendungsintegration 41, 338
 - Datenintegration 40, 337
 - Enterprise Application Integration (EAI) 42
 - Prozessintegration 39
 - Service-orientierte Architektur (SOA) 45, 352
- Integrationslösung 337
- eBusiness for Services catalogues (eBuScat) 346
 - eBusiness for Services collaboration (eBuScollab) 352
 - eBusiness for Services exchange (eBuSxchange) 351
 - eBusiness for Services library (eBuSlib) 340
 - eBusiness for Services transactions (eBuStrans) 348
 - eBusiness for Services-XML (eBuS-XML) 337
- integrierte Modellierungsmethode
- integrierte Servicemodellierung (iServMod) 187
- integrierte Servicemodellierung
- evolutionäres Vorgehensmodell 193
 - Schichtenmodell 200
 - Servicedokument-Stelle (SD-Stelle) 209, 292
 - Serviceobjekt-Stelle (SO-Stelle) 209, 292
 - Serviceprozessmodul 211, 294
 - Serviceprozessphase 210, 293
 - Serviceschnittstelle (SI-Stelle) 209, 293
 - Sichtenmodell 198
 - syntaktische Kompatibilität von Serviceprozessmodulen 224
 - syntaktische Kompatibilität von Serviceprozessphasen 221
- Meta Model for Service Procurement (MSP) 150
- Administrationssicht 161
 - Datensicht 157
 - Organisationssicht 159
 - Prozesssicht 154
 - Ressourcensicht 160
- Modellierung
- Geschäftsprozessmodell 54
 - Informationsmodell 57, 237
 - Metamodell 50
 - Referenzmodell 236
 - Referenzprozessmodell 237
 - Serviceprozessmodell 56
- Modellierungssprache
- Business Process Modeling Notation (BPMN) 76
 - Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) 77
 - Unified Modeling Language (UML) 72, 154
 - Web Service Business Process Execution Language (WS-BPEL) 80
 - XML Process Definition Language (XPDL) 78
- Petri-Netze
- einfache Petri-Netze 59
 - einfache Service-Netze (eSN) 208
 - höhere Petri-Netze 63
 - höhere Service-Netze (hSN) 215
 - Stellen/Transitions-Netze (S/T-Netze) 59, 208
 - Web Service-Netze (WSN) 71, 228
 - XML-Netze (XN) 64, 215
- Reference Process Model for Service Procurement (RPSP) 187, 250

Dienstleistungsauftragstypen	255	Prozesssimulation.....	277
Dienstleistungsbeschaffungstypen ..	253	Simulationsergebnis	309
Prozessphasen.....	251	Simulationsexperiment.....	278
Prozessschnittstellen.....	251	Simulationsmodell	277
Schaltregel		Stammdatenmanagement.....	29
Schaltregel für einfache Service-Netze		Master Data Management (MDM) ...	29
.....	214	Standard	
Schaltregel für höhere Service-Netze		E-Business-Standard	139, 327
.....	227	Katalogaustauschformat.....	141, 346
ServiceProzess-Editor		Klassifikationsstandard	141, 330
Horus	287	Produktidentifikationsstandard	141
Horus Business Modeler (HBM).....	288	Prozessstandard	140
Modeling Service Repository	298	Transaktionsstandard	141, 348
Resource Analysis Environment		Web Service	46, 228, 352
(RAvEN)	299	XML-Manipulation Language	
Simulation.....	277	(XManiLa)	66
iteratives Vorgehensmodell für die		XML-Schema-Modell (XSM)	82, 203
Prozesssimulation	283		

