

Institut für Rechnergestützte Ingenieursysteme

Universität Stuttgart  
Universitätsstraße 38  
D-70569 Stuttgart

Diplomarbeit Nr. 3625

# **Weiterentwicklung des BPMN Ansatzes für Geschäftsprozessmodelle**

Robert El Hussein

<b>Studiengang:</b>	Informatik
<b>Prüfer/in:</b>	Univ-Prof. Hon-Prof. Dr. Dieter Roller
<b>Betreuer/in:</b>	Dipl.-Inf. Felix Baumann
<b>Beginn am:</b>	30. April 2014
<b>Beendet am:</b>	30. Oktober 2014
<b>CR-Nummer:</b>	A.1, C.3, K.4.3





## Kurzfassung

Im Rahmen des Business Process Management (BPM) stellt die Prozessmodellierung eine einleitende Phase dar, in der Arbeitsabläufe in Form von Prozessmodellen abgebildet werden. Hierbei hat sich die graphische Modellierungssprache Business Process Model and Notation (BPMN) als Standard für die Prozessmodellierung etabliert.

Die vergangene BPMN-Forschung hat zufriedenstellende Lösungen für die Themen Evaluation, Semantik, Ausführbarkeit und Compliance entwickelt. Diese Ergebnisse bilden eine formale Grundlage für anknüpfende Forschungsarbeiten und industrielle Anwendungen. Die BPMN-Forschung befindet sich nun in einer Phase, in der neue Forschungsthemen identifiziert werden müssen, welche sich an den Bedürfnissen der Anwender sowie an den zukünftigen Anforderungen der Prozessmodellierung und des BPM orientieren.

Im Hinblick auf diese Herausforderung analysiert die vorliegende Arbeit die bisherige BPMN-Forschung auf Basis einer umfangreichen Literaturrecherche. Es werden vergangene Forschungsergebnisse zusammengefasst und aktuelle Forschungsansätze ausführlich und zusammenhängend dargelegt. Darauf aufbauend werden neue BPMN-Themen aufgezeigt, die für zukünftige Forschungsaktivitäten von Bedeutung sein können.

Bei der Analyse wird deutlich, dass es sich bei der aktuellen BPMN-Forschung um ein fragmentiertes Themenfeld handelt, welches diverse inhaltliche Schnittstellen zu benachbarten und übergeordneten Forschungsgebieten aufweist. Ebenfalls stellt sich heraus, dass zukünftige wissenschaftliche BPMN-Arbeiten von konsolidierenden und innovativen Forschungsmaßnahmen profitieren können.

## **Abstract**

Within the scope of Business Process Management (BPM), process modeling represents an initial phase in which working procedures are depicted in form of process models. In connection with this, the graphical modeling language Business Process Model and Notation (BPMN) has established itself as a standard for process modeling.

Past BPMN research has developed satisfactory solutions for the topics evaluation, semantics, execution and compliance. These results provide a formal basis for associated research and industrial applications. BPMN research is now at a stage where new research topics have to be identified meeting user needs as well as future requirements of process modeling and BPM.

With regard to this challenge, the present work examines previous BPMN research on the base of an extensive literature review. Past research results are summarized and current research approaches are presented in a detailed and coherent manner. Building on this, new BPMN topics, which may be important for future research activities, are presented.

The analysis shows that current BPMN research is a fragmented topic area which has various content-related interfaces with neighboring and superordinated research topics. It is also found that future scientific works concerning BPMN can benefit from consolidating and innovative research measures.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1	Aufgabenstellung . . . . .	9
1.2	Vorgehen . . . . .	10
1.3	Gliederung . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>13</b>
2.1	Prozessdenken in einer Organisation . . . . .	13
2.2	Business Process Management (BPM) . . . . .	14
2.3	Business Process Model and Notation (BPMN) . . . . .	16
2.4	Web Services Business Process Execution Language (BPEL) . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Vergangene BPMN-Forschung</b>	<b>21</b>
3.1	Einführung . . . . .	21
3.2	Evaluation . . . . .	23
3.3	Semantik . . . . .	29
3.4	Ausführbarkeit . . . . .	31
3.5	Compliance . . . . .	34
3.6	Zusammenfassung und Fazit . . . . .	37
<b>4</b>	<b>Aktuelle BPMN-Forschung</b>	<b>39</b>
4.1	Einführung . . . . .	39
4.2	Theoretische Grundlagen . . . . .	45
4.3	Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen . . . . .	47
4.4	Datenmodellierung . . . . .	55
4.5	Business Analyse . . . . .	60
4.6	Zusammenfassung und Fazit . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Zukünftige BPMN-Forschung</b>	<b>79</b>
5.1	Einführung . . . . .	79
5.2	Anknüpfung an die bisherige BPMN-Forschung . . . . .	81
5.3	Konsolidierung der bisherigen BPMN- und Prozessmodellierungsforschung . . . . .	87
5.4	Zukünftige BPMN-Forschung im Rahmen des BPM . . . . .	90
5.5	Zusammenfassung und Fazit . . . . .	94
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>95</b>
6.1	Ausblick . . . . .	96
	<b>Literatur</b>	<b>99</b>

## Abbildungsverzeichnis

---

2.1	Der BPM-Lebenszyklus . . . . .	16
2.2	Grundlegende BPMN-Elemente . . . . .	17
3.1	BPMN-Teilmengen in Prozessmodellen . . . . .	29
3.2	BPMN-Elemente und ihre zugehörigen Petri-Netze . . . . .	31
3.3	Beispielabbildung von BPMN nach BPEL . . . . .	32
3.4	Compliance Checking für BPMN-Prozessmodelle . . . . .	36
4.1	Leitkonzept für die aktuelle BPMN-Forschung . . . . .	43
4.2	Beispiel einer Transformationsregel in Form eines attribuierten Graphen . . . . .	47
4.3	Forschungsgebiete auf Grundlage von Prozessmodellsammlungen . . . . .	49
4.4	Ökosystem für Prozessmodellsammlungen . . . . .	50
4.5	Laufender Verifikationsalgorithmus am Beispiel eines BPMN-Prozessmodells . . . . .	52
4.6	Fertigungsprozess mit komplexen Datenabhängigkeiten . . . . .	56
4.7	Der CombA-Unterprozess auf analytischer Ebene . . . . .	59
4.8	Integration der Metamodelle von BPMN und SBVR . . . . .	65
4.9	Grundlegendes Konzept von SecureBPMN . . . . .	69
4.10	Beispiel eines BAM-Modells . . . . .	73
4.11	Das Poll-Pattern . . . . .	76
5.1	Beispiel einer Objekt-basierenden Prozessarchitektur . . . . .	83
5.2	Der TOGAF Entwicklungszyklus . . . . .	87
5.3	Der Reife-Innovationskonflikt des BPM . . . . .	92

## Tabellenverzeichnis

---

3.1	Relevante Arbeiten zum Thema Evaluation . . . . .	23
3.2	Gegenüberstellung der theoretischen Evaluationsmodelle . . . . .	24
3.3	Bewertung von BPMN auf Grundlage der SQF Qualitätsaspekte . . . . .	26
3.4	Relevante Arbeiten zum Thema Semantik . . . . .	29
3.5	Relevante Arbeiten zum Thema Ausführbarkeit . . . . .	31
3.6	Relevante Arbeiten zum Thema Compliance . . . . .	34

4.1	Relevante und aktuelle Arbeiten zum Thema Evaluation . . . . .	45
4.2	Relevante und aktuelle Arbeiten zum Thema Semantik . . . . .	46
4.3	Relevante Arbeiten zum Thema Verwaltung . . . . .	48
4.4	Relevante Arbeiten zum Thema Verifizierung . . . . .	51
4.5	Relevante Arbeiten zum Thema Vergleich . . . . .	53
4.6	Relevante Arbeiten zum Thema Datenmodellierung . . . . .	55
4.7	Relevante Arbeiten zum Thema Geschäftsregeln . . . . .	61
4.8	Beispiel einer einfachen XTT2 Bedingung . . . . .	63
4.9	Relevante Arbeiten zum Thema Sicherheit . . . . .	66
4.10	Relevante Arbeiten zum Thema Business Activity Monitoring . . . . .	70
4.11	Relevante Arbeiten zum Thema Social BPM . . . . .	74
5.1	Analyse der behandelten Erweiterungskonzepte bzgl. des BPM-Zyklus . . . . .	84
5.2	Herausforderungen der Prozessmodellierung für das Jahr 2014 . . . . .	90





# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Aufgabenstellung

Das operative Geschehen in einer Organisation muss ständig überwacht und verbessert werden. An dieser Stelle besteht die Möglichkeit, Arbeitsabläufe in Form von Prozessmodellen festzuhalten. Um die Erstellung von Prozessmodellen zu vereinfachen, werden üblicherweise graphische Modellierungssprachen als Hilfsmittel verwendet. In den letzten Jahren hat sich dabei die Business Process Model and Notation (BPMN) als Standard für die Prozessmodellierung etabliert.

Vergangene BPMN-Forschungsarbeiten haben sich vorwiegend mit den Themen Evaluation, Semantik, Ausführbarkeit und Compliance beschäftigt. Die hierbei entwickelten Lösungsansätze bilden eine formale Grundlage für die Verwendung von BPMN in Forschung und Industrie. So hat sich im Rahmen der BPMN-Evaluation beispielsweise gezeigt, dass die Ansprüche der Anwender größtenteils erfüllt sind (siehe [Recker 2008]). Auch unterstützt BPMN, im Gegensatz zu verschiedenen anderen Modellierungssprachen, viele wichtige Konzepte aus der Prozessmodellierung (siehe [Recker et al. 2005] und [Wohed et al. 2006]). Ungeachtet dieser positiven Erkenntnisse muss die Weiterentwicklung von BPMN stetig vorangetrieben werden, damit BPMN weiterhin den Bedürfnissen der Anwender sowie den zukünftigen Anforderungen der Prozessmodellierung und des Business Process Management (BPM) entspricht. In diesem Zusammenhang kann die Forschung einen entscheidenden Teil dazu beitragen, den bisherigen Erfolg von BPMN durch innovative Systeme, Methoden und Techniken weiter auszubauen.

Folglich beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Frage, welche aktuellen und zukünftigen Forschungsrichtungen der Prozessmodellierungssprache BPMN zu weiterer Reife verhelfen können. Hinsichtlich dieser Fragestellung soll zunächst der aktuelle Stand der BPMN-Forschung auf Grundlage einer ausführlichen Literaturrecherche analysiert und zusammenhängend dargelegt werden. Hierzu müssen die relevantesten wissenschaftlichen BPMN-Arbeiten identifiziert, zusammengefasst, bewertet und inhaltlich miteinander in Beziehung gesetzt werden. Aufbauend auf diesen Analyseergebnissen werden zukünftig wichtige BPMN-Themengebiete abgeleitet und der damit verbundene Handlungsbedarf für die Forschung aufgezeigt. Die inhaltliche Ausführung der einzelnen Themenpunkte soll dabei so angelegt sein, dass vertiefende Analysen daran anknüpfen können.

## 1.2 Vorgehen

Zur Identifikation von zukünftig relevanten BPMN-Forschungsthemen ist es unumgänglich, zunächst die Problematiken, Erkenntnisse und Lösungskonzepte der vergangenen und aktuellen BPMN-Forschung zu untersuchen. Zum besseren Verständnis der zeitlichen Entwicklung ist die inhaltliche Struktur der Arbeit so aufgebaut, dass die vergangene, aktuelle und zukünftige BPMN-Forschung in drei aufeinanderfolgenden Hauptkapiteln dargestellt werden. Jedes dieser Hauptkapitel basiert auf der Durchführung einer umfassenden Literaturrecherche und darauf aufbauenden Analyseansätzen. Die verwendete Vorgehensmethodik für die Literaturrecherche lässt sich hierbei in drei grundlegende Schritte einteilen.

Der erste Schritt umfasst die ausführliche Suche nach relevanten wissenschaftlichen Arbeiten mithilfe von passenden Stichwortkombinationen in wissenschaftlichen Suchportalen wie Google Scholar<sup>1</sup>, BASE<sup>2</sup>, CiteSeer<sup>3</sup> oder Microsoft Academic Search<sup>4</sup>. Hinsichtlich der formalen Kriterien für eine relevante Arbeit sei im Rahmen der durchzuführenden Literaturrecherche eine hohe Anzahl an Zitierungen und ein Journal Impact Factor [Garfield 2006] ab 0.3 zu nennen. Der Journal Impact Factor definiert, wie oft die Artikel eines Journals durchschnittlich zitiert werden.

Im zweiten Schritt werden die formal-relevanten Arbeiten inhaltlich jeweils grob untersucht. Hierbei wird für jede Arbeit mithilfe ihrer Kurzfassung und Einleitung ermittelt, welche Hauptproblematik sie behandelt. Darauf aufbauend werden die Arbeiten so angeordnet, dass inhaltlich verwandte Problemstellungen zu einem Unterthema zusammengefasst werden. Arbeiten, die sich keinem Unterthema zuordnen lassen, werden für das weitere Vorgehen vernachlässigt.

Der dritte Schritt umfasst die detaillierte Analyse der einzelnen Arbeiten. Dabei wird sowohl die konkrete Problemstellung als auch der dazugehörige Lösungsansatz der jeweiligen Arbeit gründlich erarbeitet. Hierfür ist es häufig nötig, dass spezifische Aspekte einer Arbeit mithilfe von ergänzender Literatur vertieft werden müssen. Während der Durchführung des dritten Schrittes werden die inhaltlichen Schnittstellen der Arbeiten oftmals sehr deutlich. Deshalb soll an dieser Stelle versucht werden, zueinander komplementäre Arbeiten zu übergeordneten Konzepten zu verknüpfen.

Obwohl die Hauptkapitel der vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen BPMN-Forschung jeweils auf der oben beschriebenen Methodik basieren, existieren dennoch leichte Abweichungen bei den Vorgehen. So orientieren sich die Analysen der jeweiligen Hauptkapitel zusätzlich an ihren individuellen Leitzielen. Beispielsweise erfordert das Hauptkapitel der gegenwärtigen BPMN-Forschung aufgrund der Berücksichtigung einer großen Anzahl an wissenschaftlichen Arbeiten einen mehrstufigen inhaltlichen Gliederungsprozess. Diese spezifischen Vorgehensansätze werden in den jeweiligen Hauptkapiteln gesondert erläutert.

<sup>1</sup><http://scholar.google.de>

<sup>2</sup><http://www.base-search.net>

<sup>3</sup><http://citeseerx.ist.psu.edu/index>

<sup>4</sup><http://academic.research.microsoft.com/>

## 1.3 Gliederung

**Kapitel 1** beschreibt die zugrunde liegende Problemstellung, die hieraus abgeleitete Zielformulierung und die allgemeine Vorgehensmethodik dieser Arbeit.

**Kapitel 2** erarbeitet die notwendigen Grundlagen für diese Arbeit.

**Kapitel 3** fasst die wichtigsten Erkenntnisse der vergangenen BPMN-Unterthemen Evaluation, Semantik, Ausführbarkeit und Compliance zusammen.

**Kapitel 4** liefert eine ausführliche Beschreibung der aktuellen BPMN-Forschung auf Grundlage eines Leitkonzepts. Hierbei werden theoretische Grundlagen, das Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen, die Datenmodellierung und die Business-Analyse behandelt.

**Kapitel 5** ermittelt konkreten Handlungsbedarf für die zukünftige BPMN-Forschung sowie übergeordnete Verbesserungsansätze aus Perspektive der beiden Oberthemen Prozessmodellierung und Business Process Management (BPM).

**Kapitel 6** fasst die Hypothesen dieser Arbeit nochmals zusammen und zeigt damit verbundene Fragestellungen auf, an denen vertiefende Analysen anknüpfen können.



# Kapitel 2

## Grundlagen

### 2.1 Prozessdenken in einer Organisation

Organisationen stehen vor der ständigen Herausforderung, umfangreiche und immer komplexer werdende Markt- und Wettbewerbsstrukturen zu bewältigen. Deshalb müssen entsprechende Lösungsansätze auf organisatorischer und technischer Ebene ein hohes Maß an Effizienz, Standardisierung, Integration, Automatisierung und Flexibilität [Dumas et al. 2013, S. vii] unterstützen.

Zur Umsetzung dieser Anforderungen folgen Organisationen zunehmend einem prozessorientierten Paradigma. Hierbei wird versucht, wiederholbare Arbeitsabläufe auf Grundlage von standardisierten Geschäftsprozessen zu steuern und zu verbessern. Dumas et al. definieren einen Geschäftsprozess als eine „Sammlung von zusammenhängenden *Ereignissen*, *Aktivitäten* und *Entscheidungspunkten*, welche eine Anzahl an *Akteuren* und *Objekten* beinhalten, und gemeinsam zu einem *Ergebnis* führen, das für mindestens einen Kunden von *Wert* ist“ [Dumas et al. 2013, S. 5].

Ereignisse, Aktivitäten und Entscheidungspunkte werden zu logischen Ketten zusammengesetzt und definieren auf diese Weise den Kontrollfluss eines Geschäftsprozesses. Während ein Ereignis durch externe Umstände ausgelöst wird und deshalb keine zeitliche Dauer besitzt, repräsentiert eine Aktivität einen konkreten Arbeitsschritt in einem Geschäftsprozess und nimmt somit eine gewisse Zeitdauer in Anspruch. Ereignisse und Aktivitäten werden üblicherweise so verknüpft, dass ein ausgelöstes Ereignis die Ausführung von Aktivitäten mit sich zieht. Beispielsweise könnte eine Kundenbestellung (Ereignis) die nun benötigte Produkterstellung (Aktivitäten) in Gang setzen. Ein Entscheidungspunkt kennzeichnet eine spezifische Stelle in einem Geschäftsprozess, an der die Geschäftsprozessausführung aufgrund einer zu treffenden Entscheidung maßgeblich beeinflusst wird. Beispielsweise könnte an einer bestimmten Stelle im Geschäftsprozess entschieden werden, ob das Produkt eines Kunden als Standard- oder Express-Lieferung verschickt werden soll [Friedenstab et al. 2012]. Bei den Akteuren eines Geschäftsprozesses kann es sich um menschliche Akteure, Organisationen oder IT-Systeme handeln. Objekte beinhalten materielle Güter wie Akten und immaterielle Güter wie elektronische Dokumente. Die Ausführung eines Geschäftsprozesses führt schließlich zu einem Ergebnis, welches den Kunden einen möglichst hohen Wert, beispielsweise in Form einer geringen Durchlaufzeit, liefern sollte [Dumas et al. 2013, S. 3-4].

## 2.2 Business Process Management (BPM)

Die Umsetzung und Verwaltung einer prozessorientierten Organisation erfordert die ganzheitliche und systematische Vorgehensweise des BPM. Das BPM umfasst die „Gesamtheit von Methoden, Techniken und Werkzeugen, um Geschäftsprozesse zu entdecken, analysieren, neu zu entwerfen und zu überwachen“ [Dumas et al. 2013, S. 5]. Ein wesentlicher Bestandteil des BPM bildet dabei die Verknüpfung von Führungsebene, IT und der Fachbereiche einer Organisation. So müssen u.a. die strategischen Ziele der Führungsebene, die operativen Abläufe der einzelnen Fachbereiche und die aktuelle IT-Infrastruktur einer Organisation zu einem Gesamtkonzept vereint werden. Doch bereits die IT-Ebene des BPM besitzt technische Berührungspunkte zu Nachbargebieten wie mobile Technologien, Anwendungsentwicklung, Datenbanken und Transaktionsverwaltung [Leymann und Roller 1999, S. 27]. Folglich handelt es sich beim BPM um eine Querschnittsdisziplin [Dumas et al. 2013, S. x].

Die Grundidee des BPM basiert auf einem Lebenszyklus, welcher die inkrementelle Verbesserung von Geschäftsprozessen gewährleisten soll. Obwohl sich in der existierenden Literatur geringe strukturelle Unterschiede erkennen lassen (vgl. u.a. [Dumas et al. 2013, S. 21], [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012] und [Pourshahid et al. 2009]), umfasst der BPM-Zyklus im Allgemeinen die Phasen Modellierung, Implementierung, Ausführung, Überwachung und Optimierung (Abb. 2.1).

Vor der Anwendung des BPM-Zyklus wird zunächst das gewünschte Ergebnis für das bevorstehende BPM-Projekt definiert. In diesem Zusammenhang muss auch geklärt werden, mithilfe welcher Leistungskennzahlen der Projekterfolg konkret gemessen werden kann. Diesbezüglich handelt es sich häufig um Leistungskennzahlen wie die Durchlaufzeit oder die Fehlerrate eines Geschäftsprozesses [Dumas et al. 2013, S. 15].

Die Phase der Prozessmodellierung beinhaltet die Erstellung von einem oder mehreren Ist-Prozessmodellen, welche die existierenden Geschäftsprozesse [Leymann und Roller 1999, S. 7] einer Organisation abstrakt abbilden. Zur Anfertigung eines Prozessmodells müssen zunächst die Aktivitäten, Ereignisse, Entscheidungspunkte, Akteure und Objekte identifiziert werden, welche der abzubildende Geschäftsprozess beinhaltet. Anschließend werden diese Geschäftsprozesselemente mithilfe einer graphischen Modellierungssprache zu einem Prozessmodell zusammengesetzt. Üblicherweise orientieren sich die Elemente von Prozessmodellierungssprachen am Konzept des Flussdiagramms. So stehen passende graphische Symbole zur Verfügung, mit denen Aktivitäten, Sequenzfluss und Verzweigungen modelliert werden können. Aktuelle Modellierungssprachen wie BPMN bieten jedoch auch Erweiterungskonzepte an, welche u.a. die Modellierung von organisatorischen und domänenspezifischen Aspekten ermöglichen [Dumas et al. 2013, S. 16-17].

Die Implementierungsphase lässt sich in die Hauptkomponenten organisatorische Änderungsverwaltung und Prozessautomatisierung einteilen. Ersteres umfasst alle Änderungsmaßnahmen, welche die Geschäftsprozessimplementierung auf organisatorischer Ebene mit sich bringt. Dies könnte beispielsweise Schulungen beinhalten, welche die Akteure eines Geschäftsprozesses auf deren bevorstehende Aufgaben vorbereiten. Die Prozessautomatisierung beinhaltet die Implementierung der erstellten Prozessmodelle auf Ebene der IT. Hierzu muss oftmals ein Ansatz gewählt werden, der die „heterogene und verteilte“ [Leymann und Roller 1999, S. xxi] Technologieumgebung einer Organisation in einer ganzheitlichen

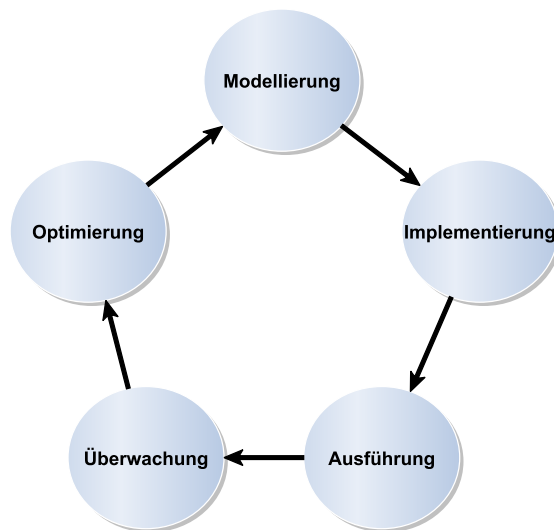
IT-Gesamtlösung integriert [Dumas et al. 2013, S. 20-21].

In der Ausführungsphase wird die Geschäftslogik der Prozessmodelle mithilfe einer technischen Infrastruktur durchlaufen. Hierzu wird bei jedem Durchlauf eine individuelle Instanz eines Prozessmodells erzeugt. Dabei ist es möglich, dass zwei Instanzen desselben Prozessmodells zwei verschiedene Pfade im Prozessmodell traversieren. Das technische Rückgrat des BPM bildet üblicherweise ein Business Process Management System (BPMS). Neben einer Ausführungsumgebung für Prozessmodelle stellt das BPMS weitere technische Komponenten wie Modellierungsumgebungen und Administrationswerkzeuge zur Verfügung. Weiterhin ist es dafür zuständig, den Akteuren eines Geschäftsprozesses während der Prozessausführung deren abzuarbeitende Aufgaben und die hierzu benötigten Informationen automatisch zuzuordnen [Dumas et al. 2013, S. 21].

Die Überwachungsphase überschneidet sich zeitlich mit der Ausführungsphase, basiert jedoch auf einer höheren Abstraktionsebene. Während der Überwachungsphase werden die wichtigsten Leistungskennzahlen der Prozessausführung ermittelt und kontrolliert. Dadurch können aktuelle Engpässe und Fehlersituationen in einem Geschäftsprozess zeitnah identifiziert und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen eingeleitet werden [Dumas et al. 2013, S. 21].

In der Optimierungsphase wird ein bereits ausgeführter Geschäftsprozess auf Mängel und Verbesserungspotenzial untersucht. Hierzu werden die gesammelten Daten aus der Überwachungsphase als Analysegrundlage herangezogen. Die Optimierung eines Geschäftsprozesses orientiert sich dabei vor allem an den Leistungskennzahlen, die bereits zu Beginn eines BPM Projekts definiert worden sind. Konkrete Optimierungsansätze können auf Grundlage einer qualitativen oder quantitativen Prozessanalyse vorgenommen werden. Die Durchführung der Optimierungsphase resultiert üblicherweise in einer Sammlung von Schwachstellen des untersuchten Geschäftsprozesses. Daran anknüpfend werden entsprechende Änderungen am Prozessmodell vorgenommen. Diese Änderungen führen schließlich zu einem optimierten Soll-Prozessmodell [Dumas et al. 2013, S. 18-20].





**Abbildung 2.1:** Der BPM-Lebenszyklus, angelehnt an [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012]

## 2.3 Business Process Model and Notation (BPMN)

### 2.3.1 Einführung

Bei der Business Process Model and Notation (BPMN) handelt es sich um eine graphische Notation zur Abbildung von Geschäftsprozessen. Die erste Version von BPMN wurde vom IBM-Mitarbeiter Stephen A. White entwickelt und im Jahr 2004 der Öffentlichkeit bekannt gegeben. Mittlerweile hat sich BPMN als ein Modellierungsstandard der Object Management Group (OMG)<sup>5</sup> und der International Organization for Standardization (ISO)<sup>6</sup> etabliert [Allweyer 2009, S. 10].

Aktuell basiert BPMN auf Version 2.0<sup>7</sup>. Im Unterschied zum Vorgänger umfasst BPMN 2.0 u.a. ein Austauschformat, eine Ausführungssemantik, einen Erweiterungsmechanismus und diverse neue Elemente. Da die aktuelle Version nun ebenfalls ein Metamodell besitzt, bezeichnet die Abkürzung BPMN nicht mehr „Business Process Modeling Notation“, sondern „Business Process Model and Notation“ [Allweyer 2009, S. 11-13].

Primär zielt BPMN darauf ab, eine graphische Notation bereitzustellen, welche von unterschiedlichen Anwendergruppen wie Führungskräfte, Fachexperten oder Softwareentwickler verstanden und verwendet werden kann [OMG 2011, S. 1]. Dementsprechend stellt BPMN passende Elemente und Konzepte zur Verfügung, mit denen fachlich abstrakte als auch technisch detaillierte Prozessmodelle erstellt werden können [Allweyer 2009, S. 13].

<sup>5</sup><http://www.omg.org/spec/BPMN/>

<sup>6</sup>[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=62652](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=62652)

<sup>7</sup><http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>

### 2.3.2 Funktionsweise

Grundsätzlich lassen sich BPMN-Prozessmodelle in die vier Diagrammtypen Prozessdiagramm, Kollaborationsdiagramm, Choreographiediagramm und Konversationsdiagramm einordnen. Während das Prozessdiagramm einen internen Arbeitsablauf einer Organisation beschreibt, basieren die restlichen drei Diagrammtypen auf einer Interaktion mit externen Prozesspartnern wie Partnerorganisationen oder Kunden [Allweyer 2009].

Die eigentliche BPMN-Prozessmodellierung kann in die drei Abstraktionsebenen deskriptive, analytische und ausführbare Modellierung unterteilt werden. Bei der deskriptiven Modellierung werden einfache und leicht verständliche Prozessmodelle erstellt. Folglich werden hierbei nur grundlegende BPMN-Elemente zur Darstellung von Aktivitäten und Entscheidungspunkten benötigt. Die analytische Modellierung beinhaltet die Verwendung von komplexeren Modellierungskonzepten wie Ereignisse oder Fehlerbehandlungen, da auf dieser Abstraktionsebene oftmals domänenspezifische Anforderungen abgebildet werden müssen. Bei der ausführbaren Modellierung werden sehr detaillierte Prozessmodelle angefertigt. Diese Prozessmodelle dürfen keine formalen Zweideutigkeiten aufweisen, da sie direkt in einer IT-Infrastruktur ausgeführt werden sollen [Silver 2011].

In der BPMN-Spezifikation werden die Funktionsweisen der BPMN-Elemente ausführlich erläutert. Dabei werden die grundlegenden Elemente in die fünf Basiskategorien Flussobjekte (Flow Objects), Daten (Data), verbindende Objekte (Connecting Objects), Schwimmbahnen (Swimlanes) und Artefakte (Artifacts) unterteilt [OMG 2011, S. 27]. Da die BPMN-Elemente im weiteren Verlauf dieser Arbeit eine wichtige Grundlage bilden, sollen die Elemente der Basiskategorien (Abb. 2.2) jeweils kurz vorgestellt werden.

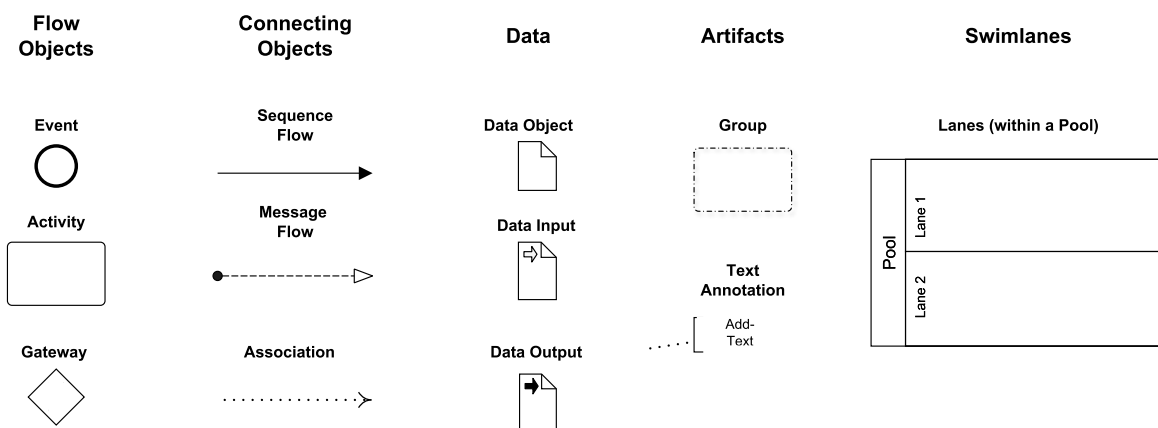


Abbildung 2.2: Grundlegende BPMN-Elemente, vgl. [OMG 2005]

**Flussobjekte** stellen den Kern der BPMN-Notation dar und werden in beinahe jedem BPMN-Diagramm verwendet. Diese Basiskategorie beinhaltet die drei Elemente Aktivität (Activity), Gateway und Ereignis (Event):

Die Aktivität [OMG 2011, S. 151-202] repräsentiert einen abzuleistenden Arbeitsschritt in

einem Prozessmodell. Bei einer Aktivität kann es sich entweder um eine Tätigkeit (Task) oder um einen Teilprozess (Subprocess) handeln. Während eine Tätigkeit einen atomaren Arbeitsschritt darstellt, wird ein Teilprozess aus mehreren BPMN-Elementen zusammengesetzt.

Das Gateway [OMG 2011, S. 287-301] ist dafür zuständig, die Pfade eines Prozessmodells zu spalten oder zusammenzuführen. Hierzu stehen exklusive (XOR), inklusive (ODER), parallele (UND) und komplexe (beliebige logische Bedingung) Gateways zur Verfügung.

Ein Ereignis [OMG 2011, S. 233-286] kann in einem Prozessmodell auftreten und dessen Ausführung grundlegend beeinflussen. Ein Ereignis wird entweder durch einen spezifischen Umstand ausgelöst (trigger) oder führt zu einem bestimmten Ergebnis (result).

**Daten** werden in BPMN mit den Elementen Datenobjekt, Dateneingabe und Datenausgabe beschrieben:

Das Datenobjekt [OMG 2011, S. 205-208] spezifiziert einen Datensatz, der als Eingabeparameter (Dateneingabe) von einer Aktivität verwendet oder als Ausgabeparameter (Datenausgabe) durch die Ausführung einer Aktivität erzeugt wird.

**Verbindende Objekte** verknüpfen Flussobjekte untereinander als auch Flussobjekte mit Artefakten. Verbindende Objekte werden mit den drei Elementen Sequenzfluss, Nachrichtenfluss und Assoziation dargestellt:

Der Sequenzfluss [OMG 2011, S. 42-43] definiert, in welcher Reihenfolge die Flussobjekte eines Prozessmodells ausgeführt werden sollen.

Der Nachrichtenfluss [OMG 2011, S. 43-44] beschreibt den Kommunikationsverlauf zwischen externen Partnern. Dabei wird jeder Partner durch einen Pool dargestellt.

Die Assoziation [OMG 2011, S. 67-68] verknüpft ein BPMN-Element mit einem Artefakt. Hierunter fällt beispielsweise die Datenassoziation, welche Datenelemente mit Flussobjekten verbindet.

**Schwimmbahnen** ermöglichen die Beschreibung von organisatorischen Aspekten in BPMN-Prozessmodellen. Zur Spezifikation von Schwimmbahnen werden die Elemente Pool und Bahn (Lane) verwendet:

Der Pool [OMG 2011, S. 112-114] bildet einen Behälter für einen unabhängigen Teilnehmer, der in einer organisationsübergreifenden Interaktion mitwirken kann. Auf dieser Grundlage wird beispielsweise eine Kollaboration zwischen mehreren Partnerorganisationen beschrieben.

Innerhalb eines Pools können mehrere Bahnen [OMG 2011, S. 305-309] vertikal oder horizontal angeordnet werden. Dadurch kann die interne Struktur einer Organisation weiter verfeinert werden. So wäre es möglich, dass eine Organisation mithilfe von Bahnen in die drei Abteilungen Buchhaltung, Vertrieb und IT unterteilt wird.

**Artefakte** werden dazu verwendet, Prozessmodelle um zusätzliche Informationen anzureichern. Hierzu werden die Elemente Gruppe (Group) und Textannotation bereitgestellt:

Eine Gruppe [OMG 2011, S. 69-70] erlaubt die strukturelle Unterteilung eines BPMN-Prozessmodells. Die Geschäftslogik des Prozessmodells wird dabei nicht beeinflusst.

Mithilfe einer Textannotation [OMG 2011, S. 71-72] können die BPMN-Elemente eines Prozessmodells um textuelle Beschreibungen ergänzt werden.

### 2.4 Web Services Business Process Execution Language (BPEL)

Die Web Services Business Process Execution Language (BPEL)<sup>8</sup> ist eine von der Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)<sup>9</sup> standardisierte Modellierungssprache zur Beschreibung von ausführbaren Geschäftsprozessen. Im Gegensatz zu BPMN handelt es sich bei BPEL um keine Graphen-basierende, sondern eine Block-strukturierte Modellierungssprache, die Programmierkonstrukte wie Schleifen oder Wenn-Bedingungen in Form von Aktivitäten zur Verfügung stellt [Kopp et al. 2008]. Grundsätzlich werden BPEL-Aktivitäten in Basis-Aktivitäten und strukturierte Aktivitäten [OASIS 2007, S. 84] unterteilt. Während Basis-Aktivitäten die atomaren Schritte eines BPEL-Prozesses darstellen, beschreiben strukturierte Aktivitäten dessen Kontrollflusslogik.

Wie der Name der Sprache bereits andeutet, basiert BPEL auf der Orchestrierung von Webdiensten (Web Services). Ein Webdienst stellt eine jederzeit abrufbare Softwarefunktionalität dar, die über eine Schnittstelle in einem Netzwerk angeboten wird. Der Ansatz der Orchestrierung wird oftmals in Kombination mit einer Service-Oriented Architecture (SOA) verwendet, welche die Funktionalität einer Organisation in Form von prozessorientierten, interoperablen und lose gekoppelten Webdiensten bereitstellt.

BPEL-Geschäftsprozesse haben den Vorteil, dass sie mittels einer BPEL-Engine direkt in einer IT-Infrastruktur ausgeführt werden können. Da die Sprache ebenfalls technisch ausgereifte und skalierbare Modellierungsansätze (siehe [Emig et al. 2005]) aufweist, findet BPEL auch in der Ausführungsphase des BPM-Zyklus Verwendung.

<sup>8</sup><https://www.oasis-open.org/committees/wsbpel>

<sup>9</sup><https://www.oasis-open.org>



# Kapitel 3

## Vergangene BPMN-Forschung

Obwohl der aktuelle Stand der BPMN-Forschung den Fokus dieser Arbeit bilden soll, ist es zunächst erforderlich, die bedeutendsten Erkenntnisse der vergangenen BPMN-Forschung zu analysieren. Auf diese Weise wird eine zentrale Wissensgrundlage für die gesamte BPMN-Thematik geschaffen und eine inhaltlich flüssige Überleitung zur aktuellen Forschung ermöglicht. Dieses Hauptkapitel (Kap. 3) hat daher zum Ziel, die relevantesten Probleme und Lösungsansätze der vergangenen BPMN-Forschung zusammenzufassen.

### 3.1 Einführung

#### 3.1.1 Vorgehen

Um die relevantesten Unterthemen der vergangenen BPMN-Forschung zu identifizieren, sollen die zehn meistzitierten wissenschaftlichen Arbeiten betrachtet werden, welche Google Scholar<sup>10</sup> unter dem Suchwort „BPMN“ und dem Zeitraum von 2004 bis 2011 auflistet. Hierbei stellt sich heraus, dass neun dieser zehn Arbeiten die Unterthemen Evaluation, Semantik, Ausführbarkeit oder Compliance zum Inhalt haben. Folglich werden diese Unterthemen im Hauptkapitel der vergangenen BPMN-Forschung (Kap. 3) behandelt. Die Identifizierung der vier Unterthemen stimmt ebenfalls mit den Erkenntnissen von [Recker 2012] überein.

#### 3.1.2 Gliederung

Die zeitliche Kontextanalyse der Unterthemen Evaluation, Semantik, Ausführbarkeit und Compliance legt den Schluss nahe, dass sich die Forschung, als Reaktion auf den globalen Erfolg von BPMN im industriellen Umfeld (siehe [Recker 2010]), zunächst mit den elementaren Fragestellungen der unterschiedlichen BPMN Anwendergruppen befasst hat. An diesen Fragestellungen orientiert sich auch die nun dargestellte inhaltliche Gliederung des Hauptkapitels (Kap. 3) [Recker 2012].

<sup>10</sup><http://scholar.google.de>

### **Kapitel 3.2** - *Welche Fähigkeiten hat BPMN?*

Mithilfe einer Evaluation können grundlegende Aspekte einer Modellierungssprache untersucht werden. Hier sind besonders die Stärken, Schwächen, Komplexität, Ausdruckstärke und die möglichen Anwendungsbereiche einer Modellierungssprache zu erwähnen. Solche Untersuchungsansätze liefern allen Anwendergruppen entscheidende Gründe für die Verwendung einer Modellierungssprache. Rückblickend gesehen konnten Anwender durch die Evaluation von BPMN in der Entscheidung bestärkt werden, von bereits bewährten Modellierungssprachen wie der Unified Modeling Language (UML)<sup>11</sup> oder Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) [Nüttgens und Rump 2002] auf BPMN umzusteigen.

### **Kapitel 3.3** - *Wie funktioniert BPMN auf formaler Ebene?*

Die Entwicklung einer präzisen BPMN Semantik ist besonders für anknüpfende Forschungsfragen interessant. Denn ohne eine solche formale Grundlage kann beispielsweise die Verifizierung von Prozessmodellen nicht zufriedenstellend umgesetzt werden. Daher versucht die Forschung, BPMN Semantiken auf Grundlage von formal ausgereiften Hilfsstrukturen zu entwickeln.

### **Kapitel 3.4** - *Wie wird BPMN in eine technische Infrastruktur eingebunden?*

BPMN besitzt den Anspruch, neben der fachlichen Modellierung auch die technische Implementierung zu unterstützen [OMG 2011, S. 1]. In diesem Zusammenhang stellen sich technisch versierte Anwender wie beispielsweise Softwareentwickler die Frage, wie BPMN-Prozessmodelle in einer IT-Infrastruktur automatisch ausgeführt werden können.

### **Kapitel 3.5** - *Wie gewährleistet eine Organisation die Einhaltung von gegebenen Rahmenbedingungen in BPMN-Prozessmodellen?*

Während es sich bei der Evaluation, Semantik und Ausführbarkeit um BPMN-spezifische Problematiken handelt, ist die Compliance eher eine übergeordnete BPM-Thematik. Im Nachhinein lässt sich dieser Umstand dadurch erklären, dass Organisationen der Herausforderung gegenüberstanden, neue gesetzliche Regelungen wie den Sarbanes-Oxley Act (SOX) [Sarbanes und Oxley 2002] oder Basel II<sup>12</sup> in ihre Geschäftsprozesse zu integrieren [Rinderle-Ma, Ly und Dadam 2008]. Da sich BPMN zu diesem Zeitpunkt bereits als Standard unter den Prozessmodellierungssprachen etabliert hat, wurde das Themenfeld Compliance folglich auch auf BPMN-Ebene betrachtet.

<sup>11</sup><http://www.uml.org>

<sup>12</sup><http://www.finma.ch/d/finma/internationales/gremien/basel/Seiten/capital-accord.aspx>

## 3.2 Evaluation

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Wohed et al. 2006]	On the Suitability of BPMN for Business Process Modelling	263
[Zur Muehlen und Recker 2008]	How Much Language Is Enough? Theoretical and Practical Use of the Business Process Modeling Notation	237
[Recker 2010]	Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN	147
[Recker et al. 2006]	How good is BPMN really? Insights from theory and practice	134
[Wahl und Sindre 2006]	An Analytical Evaluation of BPMN Using a Semiotic Quality Framework	64
[Recker et al. 2009]	Measuring Method Complexity: UML versus BPMN	26

**Tabelle 3.1:** Relevante Arbeiten zum Thema Evaluation, Stand 2014-09-16

Eine konzeptionelle Modellierungssprache wie BPMN kann mithilfe von analytischen Methoden, empirischen Methoden oder auf Basis eines Funktionalitätenvergleichs mit anderen Sprachen (u.a. durch Checklisten) evaluiert werden [Siau und Rossi 2011]. Da letzteres ein eher oberflächliches Vorgehen darstellt, konzentriert sich dieses Kapitel (Kap. 3.2) ausschließlich auf die analytische (Kap. 3.2.1) und empirische (Kap. 3.2.2) Evaluation von BPMN. Bei diesen beiden Evaluationsmethoden spielen die Ausdrucksstärke und Komplexität von Modellierungssprachen als Bewertungsgrundlage eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich gilt, dass eine Sprache mit vielen Modellierungsmöglichkeiten eine höhere Ausdrucksstärke bietet, aufgrund der dadurch steigenden Komplexität aber auch schwerer zu erlernen ist [Indulska, Muehlen und Recker 2009].

### 3.2.1 Analytische Evaluation

Bei der analytischen Evaluation werden Modellierungssprachen mithilfe von abstrakten Rahmenwerken beurteilt. Die BPMN-Forschung hat sich hierbei mit dem Semiotic Quality Framework (SQF) [Krogstie und Sølvsberg 2003], dem Bunge-Wand-Weber (BWW) Modell [Wand und Weber 1995], den Komplexitätsmetriken [Rossi und Brinkkemper 1996] und dem Workflow Patterns Framework (WPF) [Van der Aalst et al. 2010] auseinandergesetzt. Die vier Evaluationsrahmenwerke werden in Tabelle 3.2 gegenübergestellt und kurz beurteilt. Es sollte beachtet werden, dass ein Großteil dieser Rahmenwerke (SQF, BWW und WPF) eine Modellierungssprache nicht auf Grundlage von numerischen Ergebniswerten bewertet.



Vielmehr handelt es sich um theoretische Konzepte, die eine Sprache auf Basis von übergeordneten Soll-Modellen analysieren. Aufbauend auf dieser Analyse können dann indirekte Schlüsse hinsichtlich Ausdrucksstärke und Komplexität gezogen werden. Allerdings existiert bei dieser Art von Bewertung kein einheitliches Vorgehen. So können beispielsweise die Resultate der SQF-Analyse stark von den subjektiven Annahmen der Autoren abhängig sein. Weiterhin basiert jedes dieser Rahmenwerke lediglich auf einem gedanklichen Modell und spiegelt die Realität deshalb nur teilweise wider. Es ist somit nicht zwingend notwendig, dass die Analyseresultate der Rahmenwerke uneingeschränkte praktische Gültigkeit besitzen. Aus diesem Grund ist es auch sinnvoll, mehrere Rahmenwerke bei der BPMN-Evaluation heranzuziehen. Die Kombination von mehreren Rahmenwerken bildet jedoch einen soliden Ausgangspunkt, an dem vertiefende, beispielsweise empirische Analysen anknüpfen können. Die folgenden vier Unterkapitel (Kap. 3.2.1.1 - Kap. 3.2.1.4) fassen die Rahmenwerke inhaltlich kurz zusammen und werden dann jeweils auf BPMN angewendet.

	<b>Konzept</b>	<b>Analyseziel</b>	<b>Beurteilung</b>
<b>SQF</b>	Verwendung von semiotischen und linguistischen Techniken.	Allgemeine Qualität	Eine multidimensionale, aber eher subjektive Methodik.
<b>BWW</b>	Abbildung auf Ontologien, die aus realen Systemen abgeleitet worden sind.	Komplexität und Ausdrucksstärke	Sprachkonstrukte werden genau analysiert, jedoch fehlt manchmal der praktische Bezug.
<b>Komplexitätsmetriken</b>	Berechnung von Metriken auf Basis des Metamodells.	Komplexität	Präzise Ermittlung der theoretischen Komplexität. Die praktische Komplexität wird aber nicht berücksichtigt.
<b>WPF</b>	Analyse hinsichtlich der Unterstützung von generischen Konstrukten der Prozessmodellierung.	Ausdrucksstärke	Fähigkeiten einer Sprache werden konkret untersucht. Die Komplexität der Umsetzung wird aber nicht beachtet.

**Tabelle 3.2:** Gegenüberstellung der theoretischen Evaluationsmodelle

### 3.2.1.1 Semiotic Quality Framework (SQF)

Das SQF bewertet die allgemeine Qualität einer konzeptionellen Modellierungssprache mittels Ansätzen aus der Semiotik und Linguistik.

Hierbei wird untersucht, inwieweit eine Sprache folgende Aspekte modellieren kann [Krogstie und Sølvsberg 2003]:

- ◇ **Domain Appropriateness**  
Inwieweit können Sachverhalte aus verschiedenen Fachdomänen dargestellt werden?
- ◇ **Participant Language Knowledge Appropriateness**  
Inwieweit kann der Modellierer die Sprachkonstrukte verstehen und anwenden?
- ◇ **Knowledge Externalizability Appropriateness**  
Inwieweit kann der Modellierer sein Fachwissen mithilfe der Sprache ausdrücken?
- ◇ **Comprehensibility Appropriateness**  
Inwieweit wird die Sprache von einer externen Person verstanden?
- ◇ **Technical Actor Interpretation Appropriateness**  
Inwieweit ist die Sprache formal definiert (und dadurch technisch ausführbar)?

Da der Fokus von BPMN auf der Prozessmodellierung liegt, ist die Modellierung von objektorientierten und organisatorischen Aspekten beinahe nicht möglich. Lediglich einfache organisatorische Strukturen lassen sich mithilfe der Lane- und Pool-Elemente spezifizieren. Dieser Umstand schränkt die Domain Appropriateness grundlegend ein. Die Participant Language Knowledge Appropriateness wird weitgehend positiv unterstützt, weil sich BPMN-Elemente u.a. an Petri-Netzen und Aktivitätsdiagrammen orientieren. Damit wird dem erfahrenen Prozessmodellierer der Einstieg in BPMN deutlich erleichtert. Da BPMN die detaillierte Modellierung von Geschäftsanwendungen als Hauptziel hat, wird die Knowledge Externalizability Appropriateness im Geschäftsumfeld umfassend unterstützt. Aber auch die Modellierung in spezielleren Bereichen wie beispielsweise der Manufaktur [Zor, Görlach und Leymann 2010] wird durch das BPMN-Erweiterungskonzept wesentlich erleichtert. Die Comprehensibility Appropriateness ist durch die verständliche und intuitive BPMN-Notation zum größten Teil gegeben. Jedoch sind umfangreiche Prozessdiagramme aufgrund des komplexen BPMN-Metamodells an viele logische und restriktive Bedingungen geknüpft. BPEL erlaubt die Ausführung von BPMN-Prozessmodellen. Dadurch wird die Technical Actor Interpretation Appropriateness zu einem hohen Grad gewährleistet [Wahl und Sindre 2006].

Tabelle 3.3 fasst die Resultate der BPMN-Evaluation durch das SQF nochmals grob zusammen. Die Unterstützung der einzelnen Qualitätsaspekte werden durch numerische Werte von 0 (sehr schlecht) bis 5 (sehr gut) angegeben.

Qualitätsaspekt	Bewertung
Domain Appropriateness	2
Participant Language Knowledge Appropriateness	4
Knowledge Externalizability Appropriateness	4
Comprehensibility Appropriateness	3
Technical Actor Interpretation Appropriateness	4

**Tabelle 3.3:** Bewertung von BPMN auf Grundlage der SQF Qualitätsaspekte, angelehnt an [Wahl und Sindre 2006]

### 3.2.1.2 Bunge-Wand-Weber (BWW) Modell

Das BWW Modell basiert auf der Annahme, dass Modellierungssprachen zur Darstellung von realen Systemen verwendet werden. Eine Modellierungssprache muss deshalb in der Lage sein, Gegenstände, deren Eigenschaften und Zustände sowie deren übergeordnete Systeme wiederzugeben. Um diesen Sachverhalt analysieren zu können, bildet man die Modellierungssprache auf das BWW Modell ab. Anschließend werden die ontologische Vollständigkeit (ontological completeness) und die ontologische Klarheit (ontological clarity) dieser Abbildung gemessen. Bei der ontologischen Vollständigkeit soll festgestellt werden, inwieweit die zu untersuchende Sprache die Elemente des BWW Modells repräsentieren kann. Die ontologische Klarheit bestimmt alle redundanten Sprachkonstrukte, die bei der Abbildung auf das BWW Modell auftreten [Wand und Weber 1995].

Die Abbildung von BPMN auf das BWW Modell deckt folgende Schwächen auf [Recker et al. 2006]:

- ◇ **Defizit der Konstrukte (construct deficit)**  
BPMN erlaubt die Zustandsmodellierung nur unzureichend. Beispielsweise können ein stabiler Zustand oder ein möglicher Zustandsraum nicht definiert werden. Auch die Modellierung von Systemstrukturen ist mithilfe der Elemente Pool und Lane nur eingeschränkt möglich.
- ◇ **Redundanz der Konstrukte (construct redundancy)**  
Es ist nicht eindeutig, ob Gegenstände mit dem Pool- oder Lane-Element und Transformationen mit dem Aktivität-, Unterprozess-, oder Transaktion-Element dargestellt werden sollen. Auch wird die Auswahl des passenden Ereignisses durch die große Anzahl der Ereignistypen erschwert.
- ◇ **Überschuss der Konstrukte (construct excess)**  
Mehrere BPMN-Elemente wie beispielsweise Gruppe oder Textannotation haben hinsichtlich des BWW Modells keinen Bezug zur realen Welt.
- ◇ **Überladung der Konstrukte (construct overload)**  
Die Elemente Pool und Lane können in der realen Welt mehrere Bedeutungen haben. So ist nicht klar, ob sie Gegenstände, Systeme oder Systemumgebungen repräsentieren sollen.

Zur Verifikation dieser Erkenntnisse führen Recker et al. eine empirische Studie in Form von semi-strukturierten Interviews durch. Hier zeigt sich, dass die vom BWW Modell entdeckten Mängel in der Praxis wenig Relevanz haben. Lediglich die Mehrdeutigkeiten der Elemente Pool und Lane (Überladung der Konstrukte) und die fehlende Möglichkeit der Zustandsmodellierung (Defizit der Konstrukte) stellen die BPMN-Anwender vor größere Probleme [Recker et al. 2006].

### 3.2.1.3 Workflow Patterns Framework (WPF)

Das WPF enthält generische Konstrukte der Prozessmodellierung, welche für die Bewertung einer Prozessmodellierungssprache verwendet werden können. Die Workflow Patterns sind dabei in drei Perspektiven unterteilt [Van der Aalst et al. 2010]:

- ◇ **Kontrollflussperspektive (control-flow perspective)**  
Enthält u.a. Patterns zur Modellierung von Parallelisierungen, Verzweigungen und Synchronisationen.
- ◇ **Datenperspektive (data perspective)**  
Enthält u.a. Patterns zur Unterstützung von Datensichtbarkeit, Dateninteraktion und Datenvermittlung.
- ◇ **Ressourcenperspektive (resource perspective)**  
Hier wird analysiert, inwieweit Menschen und IT-Ressourcen in ihrer Interaktion mit einem Prozess unterstützt werden können.

18 von 20 Pattern der Kontrollflussperspektive können in BPMN umgesetzt werden, 3 davon jedoch nur teilweise. Für einige dieser Pattern existieren sogar mehrere Lösungen. Weiterhin ist BPMN in der Lage, von den 40 Pattern der Datenperspektive 18 vollständig und 4 weitere teilweise zu realisieren. Schwierigkeiten bereiten hier vor allem die Pattern im Bereich der Prozessinteraktion. Die Unterstützung der Ressourcenperspektive ist nahezu nicht vorhanden. Es lassen sich nur 8 von 43 Pattern vollständig umsetzen. Die Elemente Lane und Pool reichen nicht aus, um einen Großteil der Pattern der Ressourcenperspektive implementieren zu können. Wohed et al. schlagen deshalb vor, den zukünftigen Fokus von BPMN von der Kontrollfluss- auf die Ressourcenperspektive zu verlagern [Wohed et al. 2006].

### 3.2.1.4 Komplexitätsmetriken

Das Metamodell einer konzeptionellen Modellierungssprache beeinflusst den Grad ihrer theoretischen Komplexität. Diese Komplexität kann durch die Berechnung von Komplexitätsmetriken ermittelt werden und gibt auf diese Weise indirekten Aufschluss darüber, wie schwer eine Modellierungssprache zu erlernen ist. Zu diesem Zweck haben Rossi und Brinkkemper 17 Komplexitätsmetriken entwickelt, die sich wiederum in die drei Kategorien unabhängige, aggregierte und methodische Metriken einteilen lassen [Rossi und Brinkkemper 1996].

Die Berechnung der Komplexitätsmetriken für das BPMN-Metamodell macht deutlich, dass BPMN im Vergleich zu UML und EPK deutlich komplexer ist. Ein großer Teil dieser Komplexität wird allerdings nicht durch die graphische BPMN-Notation, sondern durch die Bedingungen und Restriktionen verursacht, welche im Metamodell enthalten sind. Deshalb muss ein Anwender diverse Regeln befolgen, wenn er ein syntaktisch korrektes BPMN-Prozessmodell erzeugen will [Indulska, Muehlen und Recker 2009].

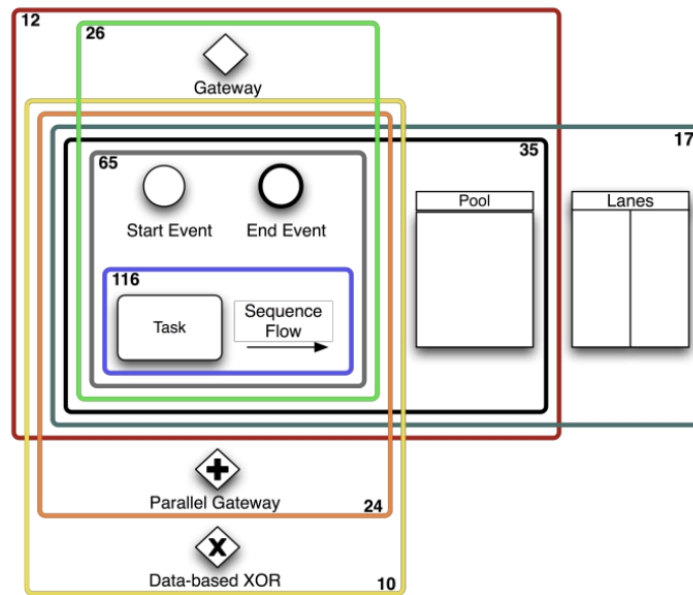
Allerdings müssen theoretische und praktische Komplexität einer Sprache nicht zwangsläufig übereinstimmen. Wie das folgende Kapitel (Kap. 3.2.2) noch verdeutlichen wird, enthalten BPMN-Prozessmodelle in der Praxis häufig nur eine Teilmenge aller verfügbaren BPMN-Elemente. Diese Methode reduziert die Komplexität von BPMN und erleichtert dadurch deren praktische Verwendbarkeit [Indulska, Muehlen und Recker 2009; Recker et al. 2009].

### 3.2.2 Empirische Evaluation

Empirische Analysen können zur Verifizierung von theoretischen Evaluationsmodellen herangezogen werden oder geben Aufschluss über die Nutzung einer Modellierungssprache in der Praxis.

In einer weltweiten Studie stellt Recker fest, dass BPMN vornehmlich zur Dokumentation, Umgestaltung und Verbesserung von Prozessen eingesetzt wird. In Projekten mit technischem Fokus erhält BPMN jedoch noch wenig Aufmerksamkeit. Im Hinblick auf die Schwächen von BPMN mangelt es an adäquater Unterstützung zur Modellierung von Geschäftsregeln, Prozessdekompositionen und Organisationsstrukturen. Auch die große Anzahl an Ereignis- und Gateway-Typen stellt Anwender vor Probleme bei der Auswahl des passenden Elements [Recker 2010].

Die direkte Befragung von Anwendern liefert aufschlussreiche, aber dennoch subjektive Resultate. Außerdem sind Studien dieser Form aufgrund ihrer streng vorgegebenen Struktur für die Erschließung von neuem Wissen unpassend. Fortschrittliche Datenanalysen, u.a. in Form von Cluster- oder Assoziationsanalysen, bieten eine vielversprechende Alternative. Beispielsweise hat die Untersuchung von 120 BPMN-Diagrammen ergeben, dass Prozessmodelle häufig nur eine spezifische Teilmenge an BPMN-Elementen enthalten. Neben einer häufig vorkommenden Clustermenge mit elementaren BPMN-Elementen (blaue und graue Markierung in Schaubild 3.1) identifizieren Zur Muehlen und Recker zwei weitere Clustermengen, bei der die erste Clustermenge (orange und gelb) Gateways und die zweite Clustermenge (türkis und schwarz) das Lane- und Pool-Element aufweist. Auf Basis dieser Tatsache können zwei interessante Folgerungen abgeleitet werden. Zum einen lässt sich daraus schließen, dass Anwender mithilfe der ersten Clustermenge entweder den Diagrammtyp Prozessdiagramm oder mithilfe der zweiten Clustermenge den Diagrammtyp Choreographiediagramm (Kap. 2.3.2) modellieren wollen. Zum anderen verdeutlicht die Existenz von Clustermengen den Versuch des Anwenders, die Komplexität von BPMN-Prozessmodellen reduzieren zu wollen [Zur Muehlen und Recker 2008].



**Abbildung 3.1:** BPMN-Teilungen in Prozessmodellen, Quelle: [Zur Muehlen und Recker 2008]

### 3.3 Semantik

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Dijkman, Dumas und Ouyang 2008]	Semantics and Analysis of Business Process Models in BPMN	286
[Wong und Gibbons 2008]	A Process Semantics for BPMN	106
[Ye et al. 2008]	Formal Semantics of BPMN Process Models Using YAWL	26

**Tabelle 3.4:** Relevante Arbeiten zum Thema Semantik, Stand 2014-09-16

Da die Funktionsweisen der BPMN-Elemente in der offiziellen Spezifikation nur textuell beschreiben werden, fehlt es ihnen an einer eindeutig formalisierten Ausführungssemantik. Die dadurch resultierenden Mehrdeutigkeiten und Inkonsistenzen erschweren Anwendungen wie das Compliance Checking (siehe [Ghose und Koliadis 2007]) und Abbildungen zwischen BPEL und BPMN (siehe [Weidlich et al. 2008]). Da BPMN die heterogenen Konzepte von diversen Modellierungssprachen vereint, gestaltet sich die Definition einer standardisierten Semantik schwierig [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008].

Folgend werden zwei Versuche aus der Forschung präsentiert, eine BPMN-Semantik auf Grundlage von formalen Strukturen zu definieren.

### 3.3.1 Communicating Sequential Processes (CSP)

Communicating Sequential Processes (CSP) werden als algebraische Hilfsstruktur zur Formulierung einer Ausführungssemantik verwendet, indem BPMN-Prozessmodelle als Abfolge von Zuständen und den daraus resultierenden Ereignissen dargestellt werden. Weiterhin werden die CSP Ereignisse dazu genutzt, die Kommunikation zwischen Prozessen, und somit u.a. das Nachrichtenkonzept von BPMN zu realisieren [Roscoe, Hoare und Bird 1997]. Als erster Schritt werden die BPMN-Elemente syntaktisch als Zustände repräsentiert. Hierfür wird die Z-Notation [Woodcock und Davies 1996] verwendet, welche zur abstrakten Formalisierung von Strukturen und Systemen herangezogen werden kann [Hildebrandt 2005]. Die eigentliche Ausführungssemantik wird in Form einer denotationalen Semantik definiert. Hier liefert eine mathematische Abbildungsfunktion zu jedem BPMN-Element die zugehörigen CSP Prozesse und Ereignisse [Wong und Gibbons 2008].

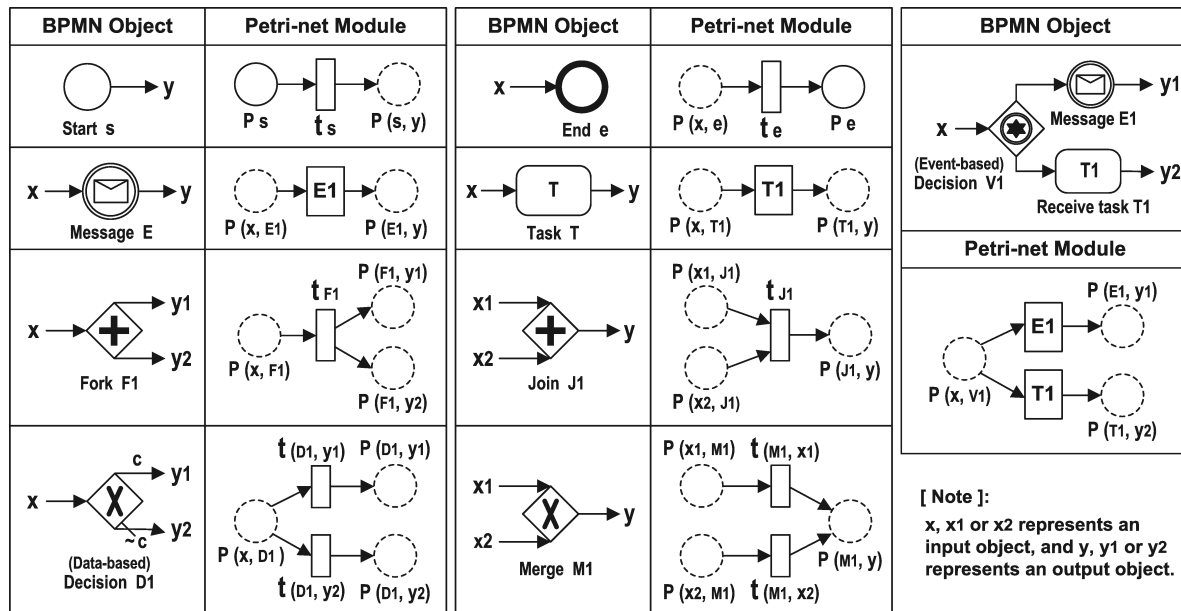
Ungünstigerweise verändert eine CSP Transformation die Anordnung eines BPMN-Prozessmodells und erhöht dadurch dessen ursprüngliche Komplexität. Die Entwicklung einer Ausführungssemantik auf Grundlage von Petri-Netzen kann diese negative Folge vermeiden [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008].

### 3.3.2 Petri-Netze

Petri-Netze beruhen auf soliden theoretischen Grundlagen und erlauben die statische Überprüfung von Prozessmodellen hinsichtlich semantischer Korrektheit. Damit sind Petri-Netze für die detaillierte Formalisierung einer BPMN-Ausführungssemantik prädestiniert. Ein weiterer Vorteil ihrer Verwendung ist, dass sie, wie auch BPMN, umfangreiche Ansätze zur Modellierung der Kontrollflussebene bieten. Die hier vorgestellte BPMN-Semantik von Dijkman, Dumas und Ouyang konzentriert sich ausschließlich auf den Kontrollfluss und vernachlässigt deshalb Elemente wie Artefakt, Textannotation, Lane oder Pool [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008].

Jedes BPMN-Element, welches zur Modellierung der Kontrollflussebene beiträgt (u.a. Aktivitäten, Gateways, Nachrichten und Ereignisse), wird auf ein zugehöriges Petri-Netz abgebildet (Abb. 3.2). Wie in der Abbildung deutlich wird, sind die Transitionen der Petri-Netze u.a. für das Verschicken von Nachrichten („Message E“) oder dem Durchführen von Aufgaben (Task) zuständig und repräsentieren somit die Ausführungslogik, während die Stellen der Petri-Netze nur Zwischenzustände darstellen. Die Transitionen der Gateways werden im Gegensatz zu den restlichen BPMN-Elementen durch stille Transitionen repräsentiert. Stille Transitionen enthalten keine Beschriftungen und finden dann Verwendung, wenn deren Verhalten nach außen hin nicht nachvollziehbar sein soll [Glinz 2008]. Im Rahmen der Ausführungssemantik wird damit deutlich gemacht, dass Gateways ausschließlich Vermittlungsaufgaben (routing) übernehmen. Die gestrichelten Stellen markieren die Verknüpfungspunkte, an denen zwei BPMN-Elemente miteinander verbunden werden können [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008]. Aktivitätsschleifen, Multi-Instanzen, Unterprozesse, Ausnahmebehandlungen und Nachrichtenfluss stellen komplexere Abbildungskonzepte dar, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Hierzu sei auf [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008] verwiesen.

Da Petri-Netze für die Darstellung von OR-Join Gateways und parallel laufenden Unterprozessen nur begrenzt einsetzbar sind, schlagen Dijkman, Dumas und Ouyang die Verwendung der Prozessmodellierungssprache Yet Another Workflow Language (YAWL) [Van der Aalst und Hofstede 2005] vor. In diesem Zusammenhang präsentieren [Ye et al. 2008] einen Lösungsansatz, der eine BPMN-Semantik auf Grundlage von YAWL spezifiziert.



**Abbildung 3.2:** BPMN-Elemente und ihre zugehörigen Petri-Netze, Quelle: [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008]

### 3.4 Ausführbarkeit

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[White 2005]	Using BPMN to Model a BPEL Process	178
[Recker und Mendling 2006]	On the Translation between BPMN and BPEL: Conceptual Mismatch between Process Modeling Languages	153
[Ouyang et al. 2006]	Translating BPMN to BPEL	141
[Weidlich et al. 2008]	BPEL to BPMN: The Myth of a Straight-Forward Mapping	46
[Leymann 2010]	BPEL vs. BPMN 2.0: Should You Care?	25

**Tabelle 3.5:** Relevante Arbeiten zum Thema Ausführbarkeit, Stand 2014-09-16

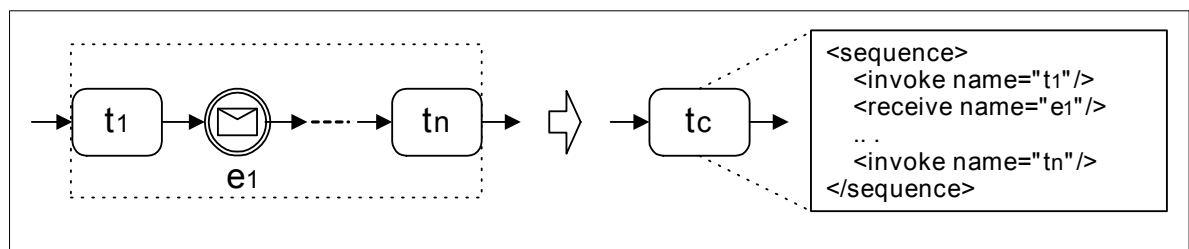


BPMN 1.0 fokussiert sich ausschließlich auf die graphische Prozessmodellierung und kann deshalb nicht automatisch in einer IT-Umgebung ausgeführt werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, BPMN-Prozessmodelle in technisch ausführbare BPEL-Prozesse zu transformieren. Aus diesem Grund setzt sich die Forschung mit der Problematik auseinander, die Prozessmodelle der beiden Sprachen algorithmisch aufeinander abzubilden. Obwohl Prozessmodelle seit BPMN 2.0 direkt ausführbar sind, spielt die Transformation nach BPEL immer noch eine wichtige Rolle, da BPEL bei einem Großteil der Middleware-Anbieter einen etablierten Standard [Leymann 2010] der Prozessausführung darstellt.

### 3.4.1 Abbildung von BPMN nach BPEL

[White 2005] präsentiert erste Lösungsideen zur Transformation von simplen BPMN-Prozessmodellen nach BPEL. Ouyang et al. merken jedoch an, dass es den Ansätzen von White an Vollständigkeit, Automatisierung und Lesbarkeit mangelt. Deshalb entwickeln sie einen Algorithmus, der Graphen-basierende BPMN-Prozessmodelle automatisch auf Block-strukturierte BPEL-Modelle abbildet.

Zunächst zerlegt der Algorithmus ein gegebenes BPMN-Prozessmodell in einzelne Komponenten. Eine Komponente besteht aus einer Teilmenge des ursprünglichen Prozessmodells und besitzt jeweils genau einen Eingangs- und Ausgangspunkt. Die Zerlegung soll so durchgeführt werden, dass der Algorithmus jede Komponente in ein passendes BPEL-Element, vorzugsweise in eine strukturierte Aktivität (sequence, while, switch, flow und pick) [OASIS 2007, S. 98-114], überführt. Wenn dies gelingt, wird die Komponente als wohl-strukturiert bezeichnet. Abbildung 3.3 illustriert, wie der Algorithmus sequentiell aufeinanderfolgende BPMN-Elemente in eine wohl-strukturierte Komponente (sequence) überführt. Komponenten, welche sich nicht in eines der fünf erwähnten BPEL-Elemente transformieren lassen, werden durch einen BPEL Eventhandler realisiert, der sich wiederum aus einem Scope und einer zugehörigen Scope-Aktivität zusammensetzt [Ouyang et al. 2006].



**Abbildung 3.3:** Beispielabbildung von BPMN nach BPEL, Quelle: [Ouyang et al. 2006]

### 3.4.2 Herausforderungen

Obwohl Abbildungsmethoden zwischen BPMN- und BPEL-Modellen existieren, haben die beiden Sprachen grundlegende konzeptionelle Unterschiede. Denn während BPMN

hauptsächlich auf die Modellierung von Fachdomänen abzielt, wird BPEL größtenteils im technischen Bereich genutzt. Weiterhin wird BPMN in der Modellierungsphase und BPEL in der Ausführungsphase des BPM-Zyklus verwendet. Diese unterschiedlichen Rahmenbedingungen führen zu Diskrepanzen bei der Ausdruckstärke [Recker und Mendling 2006].

Um diese Differenzen zu identifizieren, können die Ausdruckstärken von BPMN und BPEL auf Basis des BWW Modells untersucht und miteinander verglichen werden. Diese Analyse macht deutlich, dass BPMN geeignetere Elemente für die Darstellung von Systemstrukturen besitzt. Auch die Überprüfung der Kontrollflussperspektive auf Grundlage des WPF lässt erkennen, dass BPEL weniger Pattern im Bereich der Synchronisation unterstützt. Folglich besitzt BPMN Vorteile bei der Ausdruckstärke. Dieser Umstand führt zwangsläufig dazu, dass Informationen bei der Transformation von BPMN nach BPEL verloren gehen [Recker und Mendling 2006].

Doch auch die umgekehrte Transformationsrichtung, nämlich von BPEL nach BPMN, birgt Herausforderungen. So werden u.a. folgende Elemente und Konzepte von BPEL durch BPMN nicht oder nur unzureichend unterstützt [Weidlich et al. 2008]:

◇ **Kommunikation zwischen Prozessen**

Das BPMN Nachrichtenkonzept reicht nicht aus, die BPEL-Elemente partnerlink type [OASIS 2007, S. 36] und partnerlink [OASIS 2007, S. 37] nachzubilden.

◇ **BPEL-Handler**

Für die Event-, Termination-, Compensation-, und Default-Handler [OASIS 2007, S. 118-143] gibt es in BPMN keine oder nur ungeeignete Gegenstücke.

◇ **Death Path Elimination**

Aufgrund der ungenauen Semantik bei inklusiven und komplexen Gateways können Übergangsbedingungen in BPMN nicht exakt spezifiziert werden. Dies führt zu Problemen bei der Death Path Elimination [OASIS 2007, S. 108-109], einem Konzept zur Identifizierung von nicht erreichbaren Pfaden in BPEL-Prozessmodellen.

◇ **Prozessinstanzierung**

In BPMN ist die Modellierung von Prozessmodellen mit mehreren Startpunkten unzureichend umsetzbar.

◇ **Datenabfrage**

Während BPEL mittels Assign-Aktivität [OASIS 2007, S. 59-73] die umfangreiche Einbindung der XML Path Language (XPath)<sup>13</sup> erlaubt, ist dies mit BPMN nicht möglich. Mit der XPath können bestimmte Teile eines Extensible Markup Language (XML)<sup>14</sup> Dokuments mithilfe von deklarativen Ausdrücken abgefragt werden.

<sup>13</sup><http://www.w3.org/TR/xpath>

<sup>14</sup><http://www.w3.org/XML>

### 3.5 Compliance

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Awad, Decker und Weske 2008]	Efficient Compliance Checking Using BPMN-Q and Temporal Logic	176
[Ghose und Koliadis 2007]	Auditing Business Process Compliance	172
[El Kharbili et al. 2008]	Towards a Framework for Semantic Business Process Compliance Management	90
[Rinderle-Ma, Ly und Dadam 2008]	Business Process Compliance (Aktuelles Schlagwort)	15
[Schleicher et al. 2010]	Compliance scopes: Extending the BPMN 2.0 meta model to specify compliance requirements	11

**Tabelle 3.6:** Relevante Arbeiten zum Thema Compliance, Stand 2014-09-16

Geschäftsprozesse sind heutzutage immer strenger und komplexer werdenden Regelungen, sogenannten Compliance-Regeln, unterworfen. Die Einhaltung dieser Regeln im Rahmen des BPM-Zyklus wird unter dem Begriff Business Process Compliance (BPC) zusammengefasst. Konkret kann es sich bei Compliance-Regeln u.a. um organisationsinterne Normen wie Qualität- und Sicherheitsstandards oder um externe Vorgaben seitens Regierung handeln [Ghose und Koliadis 2007; Rinderle-Ma, Ly und Dadam 2008]. Umfang und Komplexität von Compliance-Regeln machen es erforderlich, deren Umsetzung und Verwaltung auf Geschäftsprozessebene durch geeignete IT-Methoden zu unterstützen [Schleicher et al. 2010]. Um die BPC vollständig in einer Organisation zu etablieren, müssen diverse Umsetzungsphasen, Methodiken und Technologien in einer ganzheitlichen Compliance-Strategie vereint werden. Diesbezüglich sei auf das generische BPC Rahmenwerk von [El Kharbili et al. 2008] verwiesen.

Die BPMN-Forschung hat sich überwiegend mit einem Teilaspekt der BPC, dem Compliance Checking, auseinandergesetzt. Das Compliance Checking beinhaltet die Überprüfung von Geschäftsprozessmodellen hinsichtlich vorgegebener Compliance-Regeln und kann *während* (Kap. 3.5.1) oder *nach* (Kap. 3.5.2) der Modellierungsphase stattfinden [Awad, Decker und Weske 2008].

#### 3.5.1 Compliance Checking während der Modellierungsphase

Da Prozessmodellierer in den meisten Fällen keine BPC-Experten sind, benötigen sie Hilfe bei der Einhaltung von Compliance-Regeln. Für diesen Zweck präsentieren Schleicher et al. das Konzept der Compliance Scopes. Auf anschauliche Weise verdeutlichen Compliance Scopes einem Modellierer, welche Teile eines Prozessmodells bearbeitet werden dürfen und welche aufgrund von gegebenen Compliance-Regeln beizubehalten sind. Hierzu werden beliebige Bereiche eines BPMN-Prozessmodells mit Compliance Scopes versehen. In jedem

dieser Compliance Scopes lassen sich wiederum beliebig viele Compliance-Regeln definieren. Die konkrete Struktur eines Compliance Scopes wird mithilfe von Prozesstemplates umgesetzt [Schleicher et al. 2010].

Das Compliance Scope Element wird über den Erweiterungsmechanismus in das BPMN-Metamodell integriert. Man beachte auch, dass das Konzept der Compliance Scopes auf andere Modellierungssprachen übertragbar ist [Schleicher et al. 2010]. Für ein Anwendungsbeispiel sei auf [Schleicher et al. 2010] verwiesen.

### 3.5.2 Compliance Checking nach der Modellierungsphase

In einer dynamischen Organisationsumwelt werden Compliance-Regeln ständig verändert. Folglich muss eine Organisation die Prozessmodelle identifizieren, welche von den zu modifizierenden Compliance-Regeln betroffen sind. Um diesen Suchprozess zu erleichtern, präsentieren [Awad, Decker und Weske 2008] eine ganzheitliche Methode für das Compliance Checking. Ihr Ansatz verwendet die visuelle Abfragesprache BPMN-Q, welche Teilgraphen aus BPMN-Prozessmodellen extrahieren kann. Einleitend sei zu ergänzen, dass die Compliance-Regeln vor dem Compliance Checking bereits als BPMN-Q Abfragen vorliegen und die zu analysierenden BPMN-Prozessmodelle in einem Repository gespeichert sind. Das Compliance Checking von Awad, Decker und Weske besteht aus den folgenden sechs Schritten (Abb. 3.4):

1. **Extraktion der BPMN-Teilgraphen**

Ein Abfrageprozessor extrahiert die BPMN-Teilgraphen aus dem Repository, welche strukturell mit den BPMN-Q Abfragen übereinstimmen. Dies ist der Fall, wenn die Aktivitäten einer BPMN-Q Abfrage als Teilmenge in einem BPMN-Teilgraphen enthalten sind und beide Konstrukte denselben übergeordneten Sequenzfluss besitzen.

2. **Reduktion der Teilgraphen**

Die BPMN-Elemente der Teilgraphen, welche nicht im direkten Zusammenhang mit den BPMN-Q Abfragen stehen, werden zur Verkleinerung des Zustandsraums entfernt.

3. **Generierung der Petri-Netze**

Ein Generator wandelt die reduzierten Teilgraphen in entsprechende Petri-Netze um.

4. **Generierung der Zustandsautomaten**

Jedes Petri-Netz wird auf einen endlichen Zustandsautomaten abgebildet.

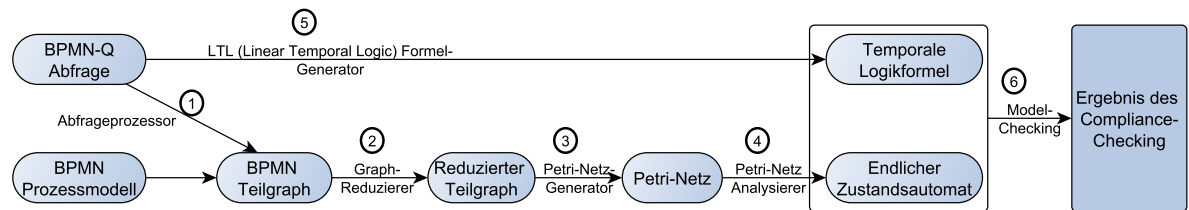
5. **Generierung der Formeln in temporaler Logik**

Damit die zeitliche Dimension besser ausgedrückt werden kann, überführt ein Generator die BPMN-Q Abfragen in Formeln temporaler Logik.

6. **Model Checking**

Mithilfe der BPMN-Q Abfragen, nun dargestellt in Formeln temporaler Logik, und der reduzierten Teilgraphen, mittlerweile in Form von endlichen Zustandsautomaten, wird ein Model-Checking durchgeführt. Hierbei überprüft ein Model-Checker, ob die Logik der temporalen Formeln in den Zustandsautomaten enthalten ist.

Alle BPMN-Prozessmodelle, die nicht mit den Compliance-Regeln übereinstimmen, werden nach Ausführung der beschriebenen sechs Schritte herausgefiltert. Die übriggebliebenen Prozessmodelle können nun gemäß der neuen Compliance-Regeln angepasst werden [Awad, Decker und Weske 2008].



**Abbildung 3.4:** Compliance Checking für BPMN-Prozessmodelle, angelehnt an [Awad, Decker und Weske 2008]

Compliance Checking Methoden wie die von [Awad, Decker und Weske 2008] können entscheiden, ob ein Prozessmodell mit gegebenen Compliance-Regeln übereinstimmt. Jedoch stellt sich anknüpfend die Frage, welche Anpassungen an einem nicht übereinstimmenden Prozessmodell vorgenommen werden müssen, damit es den Regeln entspricht. Angesichts dieser Problematik entwickeln [Ghose und Koliadis 2007] ein theoretisches Konzept, welches die minimale Anzahl an vorzunehmenden Modifikationen für ein BPMN-Prozessmodell ermittelt. Manuelle Ad-Hoc Änderungen am Prozessmodell, welche u.a. zu Inkonsistenzen führen können, werden auf diese Weise vermieden. Das Konzept basiert auf der Idee, BPMN-Prozesselemente mit Effekten zu annotieren. Ghose und Koliadis definieren einen Effekt als unmittelbares Resultat, das die Ausführung einer Aktivität oder eines Unterprozesses nach sich zieht.

Zunächst wird ein BPMN-Prozessmodell, welches nicht den gegebenen Compliance-Regeln entspricht, in ein semantisches Prozessnetzwerk überführt. Bei einem semantischen Prozessnetzwerk handelt es sich um einen gerichteten Graphen, bei dem jedem Knoten der zugehörige Effekt zugewiesen wurde. Im Falle eines BPMN-Prozessmodells besitzt das Prozessnetzwerk Aktivitäten, Gateways und Events als Knotentypen. Um die Prozessnetzwerke nun strukturell und semantisch miteinander vergleichen zu können, definieren Ghose und Koliadis auf der Menge der Prozessnetzwerke eine Näherungsrelation. Auf dieser Grundlage können alle BPMN-Prozessmodelle ermittelt werden, welche minimal vom gegebenen Prozessmodell abweichen, aber mit den geforderten Compliance-Regeln übereinstimmen [Ghose und Koliadis 2007].

Ghose und Koliadis machen deutlich, dass ihr Konzept bisher lediglich ein theoretisches Rahmenwerk darstellt. Es soll jedoch eine Grundlage bilden, auf der konkrete BPC-Anwendungen implementiert werden können.

## 3.6 Zusammenfassung und Fazit

Im Zuge des anfänglichen Erfolgs von BPMN musste sich die Forschung zunächst mit einigen grundlegenden Problemstellungen der Stakeholder befassen (Kap. 3.1.2). Diesbezüglich handelte es sich um die analytische und empirische Evaluation (Kap. 3.2), die Formalisierung von Ausführungssemantiken mithilfe von formal ausgereiften Strukturen (Kap. 3.3), die Ausführbarkeit von BPMN in technischen Infrastrukturen (Kap. 3.4) und um die Compliance in BPMN-Prozessmodellen (Kap. 3.5). Dabei kann zusammengefasst werden, dass die BPMN-Forschung für diese Problemstellungen zufriedenstellende Systeme, Methoden und Techniken entwickelt hat.

Während lediglich die Compliance an der Schnittstelle von IT und Organisation angesiedelt werden kann, befassen sich die anderen drei Unterthemen hauptsächlich mit den formalen Aspekten der BPMN-Elemente. In anknüpfenden Forschungsarbeiten kann daher untersucht werden, wie sich diese formalen Grundlagen in konkrete BPM-Anwendungsszenarien integrieren und zu höherwertigen Organisationskonzepten zusammensetzen lassen.



# Kapitel 4

## Aktuelle BPMN-Forschung

Dieses Hauptkapitel (Kap. 4) hat als Ziel, die wichtigsten Themen, Schnittstellen und Zusammenhänge der aktuellen BPMN-Forschung ausführlich und logisch aufeinander aufbauend darzustellen. Hierzu knüpft es inhaltlich an die Themenpunkte der vergangenen BPMN-Forschung an und fokussiert sich hiernach hauptsächlich auf neu aufgekommene Forschungsgebiete. Als Literaturgrundlage werden relevante wissenschaftliche Arbeiten im Zeitraum der Jahre von 2012 bis 2014 herangezogen.

### 4.1 Einführung

#### 4.1.1 Präzisierung der Leitziele

An dieser Stelle sollen die primären Leitziele, welche den inhaltlichen und strukturellen Aufbau dieses Hauptkapitels (Kap. 4) entscheidend beeinflussen, näher erläutert werden:

1. **Repräsentativer Überblick über die aktuelle BPMN-Forschung**

Der aktuelle inhaltliche Fokus der BPMN-Forschung soll sich verhältnismäßig in dieser Arbeit widerspiegeln. Weiterhin soll darauf abgezielt werden, alle relevanten Unterthemen abzudecken und diese dennoch möglichst umfassend darzustellen. Somit ist ein angemessenes Verhältnis an inhaltlicher Breite und Tiefe zu verfolgen. Um das Konzept einer einzelnen wissenschaftlichen Arbeit verständlich darlegen zu können, sei ein durchschnittlicher Richtwert von schätzungsweise 1,5 bis 2,5 Seiten gewählt. In diesem Hauptkapitel (Kap. 4) werden zwischen 20 und 30 Arbeiten behandelt.

2. **Inhaltlicher Bezug zur vergangenen und zukünftigen BPMN-Forschung**

Wie bereits beschrieben, bildet die aktuelle BPMN-Forschung den Kern dieser Arbeit. Deshalb ist es wichtig, die Unterthemen der vergangenen Forschung (Kap. 3) nochmals aufzugreifen und in den Kontext der aktuellen Forschung einzubinden. Auch soll eine umfangreiche Wissensbasis geschaffen werden, an der zukünftige BPMN-Forschungsbereiche anknüpfen können.

3. **Betrachtung der inhaltlichen Beziehungen der aktuellen BPMN-Unterthemen**

Die Schnittstellen und Zusammenhänge der aktuell relevanten BPMN-Unterthemen bilden einen wichtigen Einstiegspunkt für vertiefende Analysen. So können ermittelte



Verknüpfungspunkte dabei helfen, bestehendes BPMN-Forschungswissen zu festigen und neues Wissen abzuleiten. Dieser Punkt steht eng im Zusammenhang mit dem nächsten Leitziel.

#### 4. Analyse der aktuellen BPMN-Forschung hinsichtlich eines übergeordneten Organisationskonzepts

Da BPMN vornehmlich in der Industrie Verwendung findet, soll der Aufbau des Hauptkapitels (Kap. 4) so angelegt sein, dass die theoretischen Forschungsgrundlagen schrittweise zu den praktisch orientierten BPMN-Anwendungskonzepten hinführen. Es soll dabei auch der Frage nachgegangen werden, wie man theoretische und praktische Forschungsansätze zu einem ganzheitlichen Organisationskonzept verknüpfen und dadurch dem BPMN-Anwender möglichst viel Mehrwert bieten kann. Ein solches Organisationskonzept ermöglicht ebenfalls eine abstrakte Sicht auf den gesamten BPMN-Themenkomplex, was wiederum die inhaltliche Gliederung des Hauptkapitels (Kap. 4) verdeutlicht und den Lesefluss verbessert.

Die hier festgelegten Leitziele wurden bereits vor der Analyse der gegenwärtigen BPMN-Forschung definiert und dienen als zentraler Ausgangspunkt für den Aufbau des Hauptkapitels (Kap. 4). Wie sich jedoch im folgenden Kapitel (Kap. 4.1.2) noch zeigen wird, müssen die anfänglichen Leitziele konkretisiert und verfeinert werden.

### 4.1.2 Vorgehensmethodik

Unter Berücksichtigung der erarbeiteten Leitziele (Kap. 4.1.1) wird ein mehrstufiges Verfahren zur Identifikation und Analyse der aktuellen BPMN-Forschung durchgeführt:

#### 1. Grobe Betrachtung der existierenden Literatur

Während das letzte Hauptkapitel (Kap. 3) lediglich die vier relevantesten Unterthemen der vergangenen Forschung zusammenfasst, soll nun (Kap. 4) ein umfassendes Themengebiet analysiert und dargelegt werden. Deshalb soll zunächst ohne Beachtung der Leitziele eine möglichst große Literatursammlung angelegt werden. Hierzu werden passende Suchportale (Kap. 1.2) nach wissenschaftlichen Arbeiten durchsucht, die im Zeitraum von 2012 bis 2014 veröffentlicht wurden. Die Suchmethode basiert größtenteils auf einer Kombination der Stichwörter „BPMN“, „Process Modeling“ und „Business Process Management“. In Bezug auf Relevanz und Umfang erzielt Google Scholar die mit Abstand besten Resultate. So ist Google Scholar in der Lage, BPMN-spezifische Arbeiten an erster Stelle und Arbeiten zu übergeordneten Themen der Prozessmodellierung und des BPM an nachfolgender Stelle auszugeben. Die nach Relevanz sortierten Suchergebnisse von Google Scholar sollen bis Suchseite 20 in Betracht gezogen werden. Allerdings weisen die Arbeiten bereits ab der achten Suchseite sehr wenige Zitierungen auf. Neben der Stichwortsuche in Suchportalen liefern [EMISA 2012] und [Recker 2012] ebenfalls wichtige inhaltliche Startpunkte für die Literaturrecherche.

Die wissenschaftlichen Arbeiten sollen bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht anhand von formalen Kriterien wie Anzahl der Zitierungen oder Impact Factor (Kap. 1.2) bewertet werden. Es sei auch angemerkt, dass einige wenige Arbeiten aufgrund von fehlenden

Rechten nicht in die Recherche mit einbezogen werden können.

Die Durchführung dieses ersten Schrittes führt zur Identifikation von knapp mehr als 80 wissenschaftlichen Arbeiten. Bereits durch das Lesen von einigen Kurzfassungen der Arbeiten können folgende inhaltliche Erkenntnisse abgeleitet werden:

◇ *Fragmentierung der aktuellen BPMN-Forschung*

Im Gegensatz zur vergangenen Forschung lassen sich aktuelle BPMN-Forschungsgebiete inhaltlich nur schwer benennen. Denn auf den ersten Blick handelt es sich bei den identifizierten wissenschaftlichen Arbeiten um granulare und voneinander unabhängige Konzepte. Die Auflistung der laut Google Scholar nach zehn relevantesten Arbeiten zum Thema „BPMN“ macht beispielsweise deutlich, dass Schnittstellen zu Gebieten wie Social BPM, Wissensmanagement, Business Intelligence, Geschäftsregeln, Sicherheit und relationale Datenbanken vorliegen.

◇ *Schnittstellen der Themen BPMN, Prozessmodellierung und BPM*

Die Themen BPMN, Prozessmodellierung und BPM überschneiden sich in aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten und sind daher nicht vollständig voneinander trennbar. Häufig ist es der Fall, dass Forscher BPMN zwar als prototypische Modellierungssprache verwenden, das eigentliche Kernkonzept ihrer Arbeit jedoch eine Problematik aus der Prozessmodellierung behandelt. So wäre es beispielsweise möglich, dass die Erweiterungskonzepte der aktuellen BPMN-Forschung (Kap. 4.5) mithilfe einer alternativen Modellierungssprache umgesetzt werden könnten.

Spezifische BPMN-Unterthemen wie Evaluation oder Semantik, welche sich vorwiegend mit der Funktionsweise der einzelnen BPMN-Elemente beschäftigen, bilden zwar eine wichtige theoretische Grundlage für diese Arbeit, liefern jedoch nur wenige Ansätze für eine mögliche Verwendung von BPMN in Industrie und Praxis. Aus diesem Grund ist es notwendig, BPMN-spezifische Grundlagen mit neuen Lösungsansätzen aus der Prozessmodellierung und dem BPM zu verknüpfen. Diese Feststellung deckt sich ebenfalls mit dem aktuellen Stand der BPMN-Forschung. Beispielsweise werden die Business Analyse (Kap. 4.5) und das BPM Repository (Kap. 4.3.1) in [Recker 2012] und [EMISA 2012] als BPMN-relevante Themen betrachtet.

Es lässt sich damit zusammenfassen, dass dieses Hauptkapitel (Kap. 4) aufgrund des inhaltlichen Standes der aktuellen Forschung neben BPMN-spezifischen Problemstellungen auch die Schnittstellen zur Prozessmodellierung und dem BPM analysieren muss.

## 2. Literatureingrenzung und Erstellung einer groben Gliederung

Bevor aktuelle BPMN-Unterthemen inhaltlich benannt werden können, müssen die wissenschaftlichen Arbeiten mit wenigen Zitierungen und geringem Impact Factor aussortiert werden. Arbeiten, welche dem Leser nur durch eine umfangreiche Erläuterung von spezifischem Domänenwissen verständlich werden, sollen ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Ein inhaltliches Kriterium für die Aufnahme eines BPMN-Unterthemas ist es, dass vorzugsweise mehrere Lösungsansätze zu einer behandelten Problematik existieren. Auf diese Weise können die Konzepte von unterschiedlichen Autoren objektiv einander gegenübergestellt, und wenn möglich inhaltlich miteinander verknüpft werden.

Der nächste Zwischenschritt, nämlich die Analyse von Schlüsselwörtern, Kurzfassungen und

Texten der identifizierten Literatur, führt zu ersten Gliederungsansätzen. Jedoch stellt die Entwicklung einer detaillierten Inhaltsgliederung aufgrund der geschilderten fragmentierten BPMN-Forschung eine Herausforderung dar. Hauptproblematik ist es, möglichst viele der fragmentierten Unterthemen durch einige wenige Oberbegriffe abzudecken. Mithilfe von [EMISA 2012] kann jedoch eine grobe Gliederung angefertigt werden, welche primär etwa 25 aktuelle wissenschaftlichen Arbeiten umfasst.

### 3. Sukzessive Gliederungsverfeinerung und Ergänzung von weiterer Literatur

Die detaillierten Zusammenhänge der einzelnen Arbeiten können erst im Rahmen einer intensiven Literaturanalyse nachvollzogen werden. Infolgedessen muss auch die inhaltliche Gliederung kontinuierlich angepasst und verfeinert werden.

Zur Beseitigung von inhaltlichen Unklarheiten und zur detaillierteren Ausführung von aktuellen Lösungskonzepten wird zusätzliche Literatur herangezogen. Dabei handelt es sich vor allem um Arbeiten aus den übergeordneten Gebieten Prozessmodellierung und BPM, welche die bereits identifizierten BPMN-spezifischen Arbeiten inhaltlich besser in Beziehung setzen können.

### 4.1.3 Gliederung

Dieses Hauptkapitel (Kap. 4) hat folgenden Aufbau:

**Kapitel 4.1** erläutert das Vorgehen zur Erarbeitung der aktuellen BPMN-Forschung (Kap. 4.1.2) und verknüpft die identifizierten Unterthemen (Kap. 4.2 - Kap. 4.5) auf Grundlage eines Leitkonzepts (Kap. 4.1.4).

**Kapitel 4.2** greift nochmals die Unterthemen Evaluation (Kap. 4.2.1) und Semantik (Kap. 4.2.2) auf und knüpft damit an die vergangene BPMN-Forschung an.

**Kapitel 4.3** beschäftigt sich mit der Frage, welche technischen Anwendungen bei der täglichen Arbeit mit BPMN-Prozessmodellen benötigt werden. Hierzu wird zunächst geklärt, wie sich diese Anwendungen durch eine integrierte technische Infrastruktur bereitstellen lassen. Diesbezüglich wird das BPM Repository (Kap. 4.3.1) als passender Lösungsansatz vorgeschlagen. Auf dieser Grundlage wird die Verifizierung (Kap. 4.3.2) und der Vergleich (Kap. 4.3.3) von BPMN-Prozessmodellen erläutert.

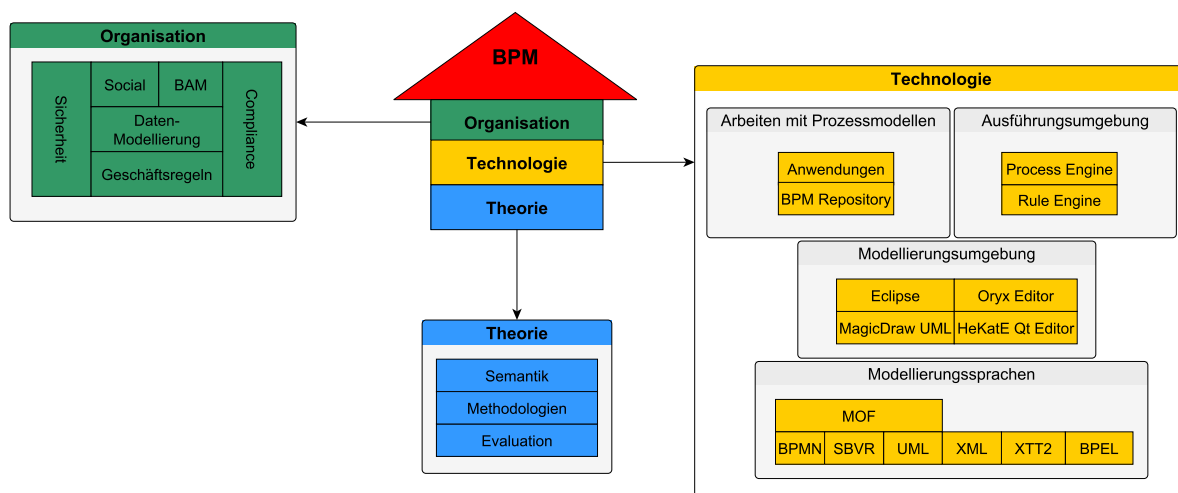
**Kapitel 4.4** zeigt auf, wie die Datenebene in BPMN mithilfe von passenden Erweiterungen um komplexe Datenkonzepte ergänzt werden kann.

**Kapitel 4.5** beschreibt, wie BPMN-Prozessmodelle um Konzepte aus den Bereichen Geschäftsregeln (Kap. 4.5.1), Sicherheit (Kap. 4.5.2), Business Activity Monitoring (Kap. 4.5.3) und Social BPM (Kap. 4.5.4) angereichert werden können.

#### 4.1.4 Leitkonzept

Obwohl es sich bei der aktuellen BPMN-Forschung um einen umfangreichen und fragmentierten Themenkomplex handelt (Kap. 4.1.2), soll versucht werden, die BPMN-Unterthemen nicht nur durch eine statische Inhaltsgliederung (Kap. 4.1.3), sondern auch auf funktionaler Ebene zu strukturieren.

Das hierzu entwickelte Leitkonzept (Abb. 4.1) ermöglicht es dem Leser, die Bedeutung der einzelnen Kapitel (Kap. 3.2 - Kap. 3.5 und Kap. 4.2 - Kap. 4.5) sowie deren funktionale Zusammenhänge besser nachzuvollziehen. Die Konzepte, Methoden und Technologien der vergangenen und aktuellen BPMN-Forschung werden im Leitkonzept aus einer Organisationsperspektive betrachtet und dementsprechend miteinander in Beziehung gesetzt.



**Abbildung 4.1:** Leitkonzept für die aktuelle BPMN-Forschung, angelehnt an [Woodard 2012]

Aus abstrakter Sicht besteht das Leitkonzept aus den drei Ebenen *Theorie*, *Technologie* und *Organisation*, die zu einer ganzheitlichen BPM-Strategie zusammengesetzt werden.

Die Ebene *Theorie* bildet den Unterbau eines erfolgreichen BPM, da es die beiden übergeordneten Ebenen *Technologie* und *Organisation* durch eine formale Grundlagenforschung verbessern und präzisieren kann. Eine detaillierte *Semantik* erlaubt beispielsweise die Standardisierung von Ausführungsumgebungen für Prozessmodelle. *Methodologien* ermöglichen die Einbindung von Konzepten wie Compliance (siehe [El Kharbili et al. 2008]) oder Social BPM (siehe [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012]) entlang des gesamten BPM-Zyklus.

Die theoretischen Bausteine *Evaluation* und *Semantik* werden durch die gegenwärtige (Kap. 4.2), vor allem aber durch die vergangene (Kap. 3.2 und Kap. 3.3) BPMN-Forschung abgedeckt. Der dritte theoretische Baustein *Methodologien* wird größtenteils im Kapitel Business Analyse (Kap. 4.5) behandelt.

Es ist zu beachten, dass die theoretischen Bausteine des Leitkonzepts unterschiedliche Abstraktionsstufen besitzen. So bildet die *Evaluation* die unterste Schicht der *Theorie*,

da deren Forschungsergebnisse die indirektesten Auswirkungen auf praktische BPMN-Anwendungsmöglichkeiten haben. *Methodologien* befassen sich u.a. mit der Frage, wie BPMN-Elemente zu höherwertigen Strukturen verknüpft werden können. Diese Ansätze werden von BPMN-Anwendern während der Prozessmodellierung verwendet und wirken sich somit direkt auf die Struktur der Prozessmodelle aus. Die *Semantik* hat im Hinblick auf praktische Anwendbarkeit allerdings die größte Relevanz, da sie Funktionalitäten wie das Compliance Checking oder die Verifikation von Prozessmodellen ermöglicht.

Die Ebene *Technologie* besteht aus den Komponenten *Modellierungssprachen*, *Modellierungsumgebung*, *Ausführungsumgebung* und *Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen*. Die Kombination der Komponenten *Modellierungssprachen* und *Modellierungsumgebung* ermöglicht dem BPMN-Anwender die Zusammensetzung von komplexen Prozessmodellen. Die erstellten Prozessmodelle können dann mithilfe geeigneter Softwareanwendungen weiter bearbeitet (*Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen*) oder in einer technischen Umgebung ausgeführt (*Ausführungsumgebung*) werden. Die Gesamtheit der Technologiebausteine bildet einen guten Einstiegspunkt für die Entwicklung einer technischen BPM Infrastruktur. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Technologieebene eine stark vereinfachte IT-Architektur repräsentiert und daher nicht als BPM-Referenzarchitektur dienen soll.

Von den technologischen Bausteinen besitzt nur das *Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen* ein eigenes Kapitel (Kap. 4.3). Die restlichen Komponenten *Modellierungssprachen*, *Modellierungsumgebung* und *Ausführungsumgebung* werden auf implizite Weise in den Kapiteln der *Theorie* und *Organisation* behandelt. Dieser Umstand macht deutlich, dass die *Technologie* keinen Selbstzweck, sondern lediglich eine Ebene im Rahmen einer ganzheitlichen BPM-Strategie darstellt. Denn um das gesamte Potenzial des BPM abrufen können, müssen die drei Ebenen jeweils optimal umgesetzt und aufeinander abgestimmt werden. Die genauen Bedeutungen der technischen Begriffe im Leitkonzept sollen an dieser Stelle noch nicht näher erläutert werden, da diese für das abstrakte Verständnis des Leitkonzepts keine größere Bedeutung haben.

Die *Organisation* bildet die oberste Ebene einer BPM-Strategie, da an dieser Stelle fachliche Anforderungen direkt im Prozessmodell integriert werden. Während dieser Anforderungsanalyse müssen diverse Konzepte des BPM zu einer Gesamtlösung vereint werden. Wie in der Organisationsebene des Leitkonzepts festzustellen ist, betrifft dies die Bereiche *Geschäftsregeln*, *Datenmodellierung*, *Social BPM*, *Business Activity Monitoring*, *Sicherheit* und *Compliance*. Ein Großteil der aufgezählten Konzepte kann über die BPMN-Erweiterungsfunktionalität in das BPMN-Metamodell eingebunden werden. Die Bausteine der *Organisation* werden in den Kapiteln *Compliance* (Kap. 3.5), *Datenmodellierung* (Kap. 4.4) und *Business Analyse* (Kap. 4.5) dargelegt.

Die *Geschäftsregeln* bilden die unterste Schicht der *Organisation*, da sie die Verfeinerung der Prozessmodelllogik ermöglichen. Darauf aufbauend liegt die *Datenmodellierung*, welche die BPMN-Prozessmodellierung um spezifische Datenkonzepte ergänzt. Auf oberster Schicht lassen sich das *Social BPM* und das *Business Activity Monitoring* ansiedeln. Beide Bausteine stellen eigenständige Anwendungskonzepte dar und verwenden Prozessmodelle als Grundlage. Die Bausteine *Sicherheit* und *Compliance* erfüllen dagegen nicht-funktionale Anforderungen und müssen daher auf allen Schichten der Prozessmodellierung gewährleistet werden. Dadurch lässt sich auch deren vertikale Ausrichtung in der Abbildung erklären.

Die Schnittstelle der benachbarten Ebenen *Organisation* und *Technologie* spielt im Rahmen des BPM eine entscheidende Rolle. So müssen die fachlichen Anforderungen der Organisationsebene in passende technische Anwendungen transformiert werden. Diesbezüglich werden in diesem Hauptkapitel (Kap. 4) mehrere BPMN-Erweiterungen und darauf aufbauende *Methodologien* präsentiert, mit denen die Bausteine der Organisationsebene auch auf technischer Ebene umgesetzt werden können.

Die drei Ebenen *Theorie*, *Technologie* und *Organisation* sowie deren Schnittstellen können anhand des Leitkonzepts grob verdeutlicht werden. Um jedoch deren detaillierte Zusammenhänge nachvollziehen zu können, sollte der Leser die Hauptkapitel der vergangenen (Kap. 3) und gegenwärtigen BPMN-Forschung (Kap. 4) ausführlich bearbeiten. Die inhaltliche Struktur des Hauptkapitels (Kap. 4) orientiert sich hierbei am Leitkonzept. So startet das Hauptkapitel (Kap. 4) mit der Erläuterung der theoretischen Bausteine. Auf diesem Fundament werden die Bausteine der *Organisation* in aufsteigender Reihenfolge behandelt. Die technologischen Bausteine werden jedoch, wie bereits beschrieben, größtenteils implizit in den Kapiteln der *Theorie* und *Organisation* abgedeckt.

## 4.2 Theoretische Grundlagen

Da die Evaluation und Semantik bereits ausführlich erforscht ist (Kap. 3.2 und Kap. 3.3), weisen aktuelle BPMN-Arbeiten (Kap. 4.2.1 und Kap. 4.2.2) zu diesen Unterthemen einen eher ergänzenden Charakter auf.

### 4.2.1 Evaluation

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Börger 2012]	Approaches to Modeling Business Processes: A Critical Analysis of BPMN, Workflow Patterns and YAWL	47

**Tabelle 4.1:** Relevante und aktuelle Arbeiten zum Thema Evaluation, Stand 2014-09-16

Ungeachtet einzelner Mängel (Kap. 3.2.1.1 und Kap. 3.2.2) wird BPMN von Forschung und Industrie als neuer Standard der Geschäftsprozessmodellierung weitgehend positiv aufgenommen (siehe [Recker 2010]). Dennoch beschreibt Börger in der meistzitierten Arbeit der aktuellen BPMN-Forschung [Börger 2012] die diversen Schwächen der BPMN-Spezifikation. Er kommt daher zu dem Schluss, dass der Standardisierungsversuch von BPMN gescheitert ist.

Nach Meinung von Börger weisen viele Elemente und Konzepte in BPMN semantische Ungenauigkeiten auf. Dadurch kann die Interoperabilität von Prozessmodellen und deren einheitliche Ausführbarkeit in verschiedenen technischen Umgebungen nicht gewährleistet werden. In diesem Zusammenhang nennt er u.a. die unzureichende Beschreibung des

Lebenszyklus einer Aktivität im Falle von komplexeren Unterbrechungen, beispielsweise einer verschachtelten Ausnahmebehandlung [OMG 2011, S. 428]. Auch sieht er Überschneidungen und Mehrdeutigkeiten bei der Spezifikation der BPMN-Elemente, nennt jedoch keine konkreten Beispiele. Hierbei bezieht er sich vermutlich auf die Vielzahl an Ereignis- und Gateway-Typen und auf das Aktivität-, Unterprozess-, und Transaktion-Element zur Darstellung von Prozessaufgaben. Weiterhin lassen sich mithilfe des BWW Modells mehrere Bedeutungen für das Pool- und Lane-Element feststellen (Kap. 3.2.1.2). Diese Mehrdeutigkeiten erschweren dem Modellierer die Auswahl des passenden Elements. Auch erschweren sie die Verwendbarkeit von BPMN als modellierungstechnischer Standard zur Kommunikation zwischen mehreren Stakeholdern. Laut Börger mangelt es BPMN ebenfalls an Unterstützung von grundlegenden Konzepten der Prozessmodellierung. Neben bereits bekannten Schwächen wie der fehlenden Zustandsmodellierung (Kap. 3.2.1.2) und der nicht vorhandenen Unterstützung der Ressourcenperspektive (Kap. 3.2.1.3) erwähnt er außerdem die fehlende Möglichkeit einer schrittweisen Verfeinerungsmethode, welche abstrakte in technisch ausführbare Prozessmodelle überführt [Börger 2012].

Fasst man die Gesichtspunkte von Börger zusammen, sollen Elemente und Konzepte in BPMN präzise formuliert und für sehr spezifische Anwendungsfälle ausgelegt sein. Dabei zieht Börger des Öfteren Parallelen zur Softwareentwicklung, in der einzelne Softwarekomponenten wie Objektklassen oder Datenmodelle aufgrund ihrer anschließenden technischen Implementierung keine formalen Mehrdeutigkeiten offenlassen dürfen [Reisig 2013].

### 4.2.2 Semantik

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Van Gorp und Dijkman 2013]	A Visual Token-based Formalization of BPMN 2.0 Based on In-place Transformations	11

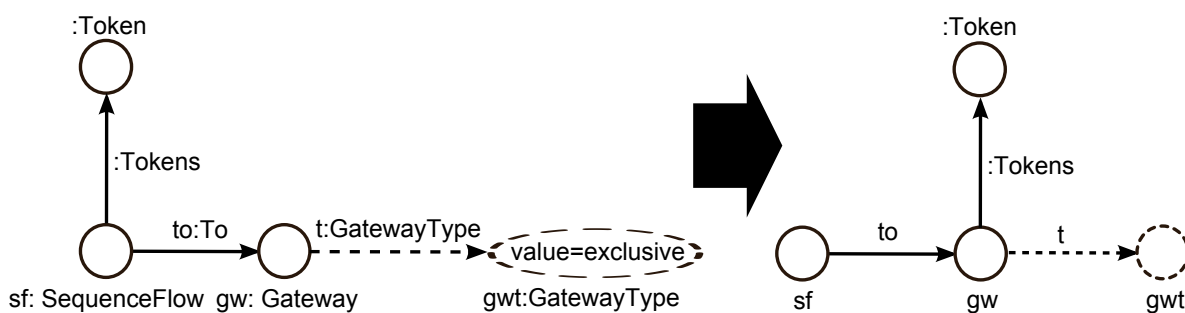
**Tabelle 4.2:** Relevante und aktuelle Arbeiten zum Thema Semantik, Stand 2014-09-16

Bisherige Formalisierungsversuche einer BPMN-Ausführungssemantik (Kap. 3.3) basieren auf der Idee, die Funktionalität von BPMN-Elementen auf formale Sprachen abzubilden. In diesem Fall wird von einer out-of-place transformation [Mens und Van Gorp 2006] gesprochen. Van Gorp und Dijkman präsentieren jedoch einen Lösungsansatz, welcher die Semantik der BPMN-Elemente mittels Transformationsregeln auf Graphen umsetzt (in-place transformation). Auf diese Weise können die textuellen Beschreibungen der Elemente direkt aus der BPMN-Spezifikation entnommen werden. Grundsätzlich besteht eine Transformationsregel aus einem linken und rechten Teil. Der linke Regelteil definiert das Muster des Graphen, welches für die Aktivierung der Transformationsregel vorliegen muss. Die auf die Aktivierung folgende Umschreibeaktion (rewrite) des Graphen wird im rechten Regelteil hinterlegt [Van Gorp und Dijkman 2013].

Die Ausführungssemantik des exklusiven Gateways wird in der BPMN-Spezifikation durch „jede Marke, welche über einen der eingehenden Sequenzflüsse ankommt, aktiviert das Gateway und wird zu genau einem der ausgehenden Sequenzflüsse weitergeleitet“

[OMG 2011, S. 435] beschrieben. Abbildung 4.2 visualisiert die entsprechende Transformationsregel des exklusiven Gateways. Der linke und rechte Graph der Abbildung spezifizieren jeweils eine bestimmte Relation zwischen den drei Knoten Marke, Sequenzfluss und Gateway. Der linke Graph beschreibt die Relation, welche für die Regelaktivierung eintreten muss. Hierfür muss sich eine Marke auf einem zum Gateway hinführenden Sequenzfluss befinden. Zur Definition des genauen Gateway-Typs wird der Knoten des Gateways über eine gestrichelte Kante mit dem Attribut „exclusive“ verknüpft.

Der Vergleich von linkem und rechtem Graphen lässt erkennen, dass der Münzknoten und die darauf zeigende Kante im rechten Graphen umpositioniert worden sind. Somit hat die Aktivierung der Transformationsregel stattgefunden. Die Position der Marke hat sich gemäß der BPMN-Spezifikation dahingehend verändert, dass sie sich nicht mehr auf einem eingehenden Sequenzfluss, sondern im exklusiven Gateway befindet.



**Abbildung 4.2:** Beispiel einer Transformationsregel in Form eines attribuierten Graphen, Quelle: [Van Gorp und Dijkman 2013]

Für die Zusammensetzung von komplexeren Transformationsregeln führen Van Gorp und Dijkman algebraische Operatoren ein. Beispielsweise kann über einen Und-Operator definiert werden, dass zur Aktivierung einer Transformationsregel gleichzeitig zwei Regelbedingungen eintreten müssen. Für die detaillierte Aufzählung aller Transformationsregeln der BPMN-Semantik sei auf [Van Gorp und Dijkman 2013] verwiesen.

Von den aktuell existierenden Semantiken unterstützt die von Van Gorp und Dijkman die größte Zahl an BPMN-Elementen. Ein weiterer Vorteil der Semantik besteht in der Verwendung der graphisch-intuitiven Transformationsregeln. So kann der zu einer Transformationsregel-gehörende Teil der BPMN-Spezifikation schnell identifiziert und die Funktionsweise des Elements einfach nachvollzogen werden [Van Gorp und Dijkman 2013].

## 4.3 Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen

Im Rahmen der Prozessmodellierung muss ein Anwender eine Vielzahl von grundlegenden Aufgabenstellungen bewältigen, die durch eine geeignete IT-Infrastruktur und darauf aufbauenden Softwareanwendungen vereinfacht werden können.



In diesem Kapitel (Kap. 4.3) wird die Prozessmodellverwaltung (Kap. 4.3.1), die Verifizierung (Kap. 4.3.2) und das Vergleichen (Kap. 4.3.3) von BPMN-Prozessmodellen beleuchtet.

### 4.3.1 Verwaltung von BPMN-Prozessmodellen

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Dijkman, La Rosa und Reijers 2012]	Managing large collections of business process models - Current techniques and challenges	54
[Yan, Dijkman und Grefen 2012]	Business Process Model Repositories - Framework and Survey	49
[Eid-Sabbagh et al. 2012]	A Platform for Research on Process Model Collections	6

**Tabelle 4.3:** Relevante Arbeiten zum Thema Verwaltung, Stand 2014-09-16

Durch das BPM entstehen in Organisationen mit der Zeit große Sammlungen an Prozessmodellen. Dadurch wird es zur Schwierigkeit, ein bestimmtes Prozessmodell wiederzufinden oder die Beziehungen zwischen mehreren Prozessmodellen zu verwalten. Trotz dieser Herausforderungen bieten Prozessmodellsammlungen interessante Ansätze für die Extraktion und Rekombination von (Prozess-)Wissen. Vorstellbar wären beispielsweise die Ableitung von Geschäftsregeln aus existierenden Prozessmodellen [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012] oder die Wiederverwendung von Prozessfragmenten. Ebenso sind Prozessmodellsammlungen für die Forschung von großem Interesse, da sie eine wichtige Grundlage für empirische Analysen bilden. Damit das beschriebene Potenzial für Industrie und Forschung abrufbar wird, müssen die Prozessmodelle zunächst durch eine technische Infrastruktur und darauf basierenden Anwendungen zufriedenstellend verwaltet werden können. Eine solche Plattform sollte u.a. das Arbeiten mit diversen Prozessmodellnotationen gewährleisten, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Prozessmodelle einer Organisation ausschließlich im BPMN-Format vorliegen. Hinsichtlich der genannten Herausforderungen und Möglichkeiten von Prozessmodellsammlungen hat sich die Forschung in den letzten Jahren vermehrt mit den Grundlagen des BPM Repository auseinandergesetzt [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012; Yan, Dijkman und Grefen 2012].

Während das erste Unterkapitel (Kap. 4.3.1.1) die grundlegenden technischen Funktionalitäten eines BPM Repository erläutert, geht das zweite Unterkapitel (Kap. 4.3.1.2) der Frage nach, wie ein BPM Repository zur Verbesserung der Zusammenarbeit von Forschung und Industrie verwendet werden kann.

#### 4.3.1.1 Funktionalitäten des BPM Repository

Ein BPM Repository erweitert die grundlegenden Datenbankoperationen eines üblichen Repository um die spezifischen Anforderungen des BPM. Werden die von

[Yan, Dijkman und Grefen 2012] und [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012] genannten Funktionalitäten grob aufeinander abgeglichen, lassen sich drei Ebenen für das BPM Repository herausarbeiten:

1. **Grundlegende Verwaltung eines Repository**

Funktionen wie Benutzerzugriff-, Integrität- und Transaktionsverwaltung bilden die Grundlage des BPM Repository.

2. **Organisation von mehreren Prozessmodellen**

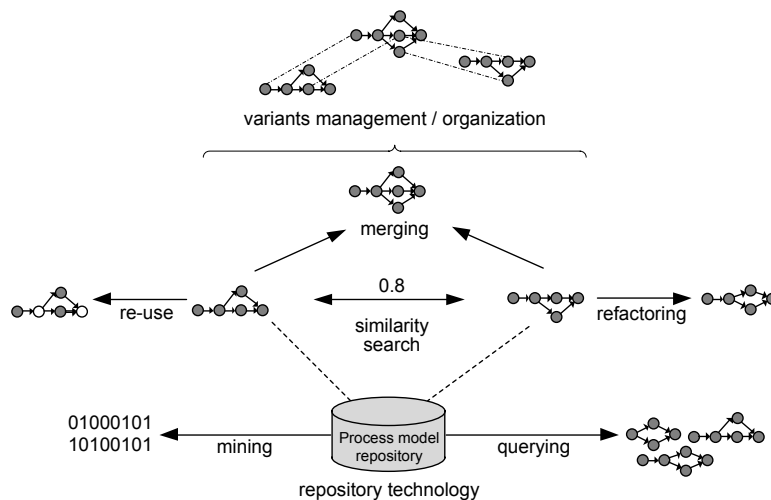
Sichten-, Konfiguration- und Versionsverwaltung sowie Navigation-, Abfrage- und Suchfunktionen regeln die Abhängigkeiten der Prozessmodelle untereinander.

3. **Organisation von einzelnen Prozessmodellen**

Die Funktionen Check-In/Out, Importieren/Exportieren, Erzeugen, Verändern und Löschen ermöglichen die Verwaltung von einzelnen Prozessmodellen.

Grundsätzlich soll ein BPM Repository kein starres und abgeschlossenes System, sondern vielmehr eine technische Plattform darstellen, welche um neue Funktionalitäten und Technologien erweitert werden kann. Deshalb ist es auch nicht zwingend notwendig, dass ein BPM Repository exakt mit den beschriebenen Funktionen übereinstimmen muss.

Dijkman, La Rosa und Reijers benennen die Abfrage (querying), Ähnlichkeitssuche (similarity search), Varianten-Verwaltung (variants management), Zusammenführung (merging), Restrukturierung (refactoring), Wiederverwendung (re-use), Verwaltung von Prozessmodellsammlungen (collection organization) und das Process Mining als aktuell zu vertiefende Forschungsbereiche, die jeweils auf der Technologie des Repository aufbauen. Abbildung 4.3 illustriert die Zusammenhänge der erwähnten Forschungsbereiche. Aus Platzgründen soll der aktuelle Stand der einzelnen Forschungsbereiche nicht näher beleuchtet werden. Hierzu sei auf [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012] verwiesen.



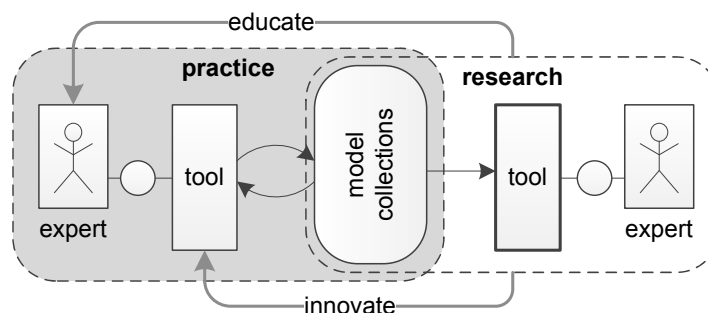
**Abbildung 4.3:** Forschungsgebiete auf Grundlage von Prozessmodellsammlungen, Quelle: [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012]

#### 4.3.1.2 Forschungsplattform auf Grundlage des BPM Repository

Ein Ökosystem für Prozessmodellsammlungen (Abb. 4.4) kann dazu beitragen, den Austausch zwischen Forschung und Industrie voranzutreiben. Hierbei sind Industrieexperten wie Business Analysten mithilfe ihrer Softwarewerkzeuge daran beteiligt, Prozessmodellsammlungen anzureichern und zu verwalten. Auf Grundlage dieser Daten können Forscher bisherige Forschungserkenntnisse empirisch belegen sowie neues Wissen in den Bereichen Lehre und Innovation gewinnen. Im Bereich der Lehre wäre beispielsweise die Ableitung von Leitfäden für die Prozessmodellierung vorstellbar. Im Bereich Innovation könnten Forscher unterbewertete Anwendungsfälle aus der Modellierungspraxis identifizieren, welche dann als Grundstein für neue Softwareanwendungen dienen [Eid-Sabbagh et al. 2012].

Damit Forscher von den genannten Möglichkeiten profitieren können, entwerfen Eid-Sabbagh et al. eine Plattform für Prozessmodellsammlungen, welche grundlegende Anwendungskomponenten für empirische Analysen bereitstellt. In Abbildung 4.4 ist die eigentliche Plattform als Softwarewerkzeug der Forscher dargestellt.

Da Prozessmodellsammlungen üblicherweise in unterschiedlichen Formaten und Strukturen vorliegen, müssen Forscher diese Sammlungen vor Durchführung ihrer Analysen zunächst aufbereiten. Um ihnen diesen Schritt abzunehmen, übersetzt die Plattform die importierten Prozessmodellsammlungen in ein generisches Darstellungsformat. Forscher können ihre individuellen Analysen in Form von Filtern realisieren. Mithilfe dieser Modularität können einfache Filter zu komplexeren Filterketten zusammengesetzt werden. Ebenfalls unterstützt das modulare Konzept die Wiederverwendung von Analysen. Beispielsweise kann ein Forscher zu einem anderen Zeitpunkt auf seine bisherigen Analyseergebnisse oder auf die seiner Kollegen zurückgreifen. Die Architektur der Plattform beinhaltet Komponenten für den Import der Prozessmodellsammlungen, eine Filterverwaltung für die Analysen und eine Indexverwaltung für die Speicherung der Forschungsergebnisse. Auf technischer Ebene werden die Prozessmodellsammlungen in einem Repository abgelegt [Eid-Sabbagh et al. 2012].



**Abbildung 4.4:** Ökosystem für Prozessmodellsammlungen, Quelle: [Eid-Sabbagh et al. 2012]

### 4.3.2 Verifizierung von BPMN-Prozessmodellen

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Szpyrka et al. 2012]	Proposal of Formal Verification of Selected BPMN Models with Alvis Modeling Language	13
[Falcioni et al. 2012]	Direct Verification of BPMN Processes Through an Optimized Unfolding Technique	5

**Tabelle 4.4:** Relevante Arbeiten zum Thema Verifizierung, Stand 2014-09-16

Die Modellierung mittels graphischer BPMN-Notation erleichtert die Erstellung von Prozessmodellen, enthält aber u.a. aufgrund der Vielzahl an BPMN-Elementen und dem Mangel an detaillierten Leitfäden und Methodologien ein hohes Fehlerpotenzial [Correia und Abreu 2012]. Deshalb sollte die Möglichkeit bestehen, die Fehlersuche in BPMN-Prozessmodellen durch geeignete Softwareanwendungen zu unterstützen.

Da die textuelle Beschreibung der BPMN-Semantik jedoch viele Mehrdeutigkeiten und Inkonsistenzen [Dijkman, Dumas und Ouyang 2008] aufweist, wird das direkte Auffinden von fehlerhaften Zuständen in BPMN-Prozessmodellen deutlich erschwert. Aus diesem Grund werden BPMN-Prozessmodelle im Allgemeinen auf formale Strukturen oder Sprachen abgebildet und anschließend mit formal ausgereiften Methoden verifiziert.

#### 4.3.2.1 Verifizierung mittels Unfolding

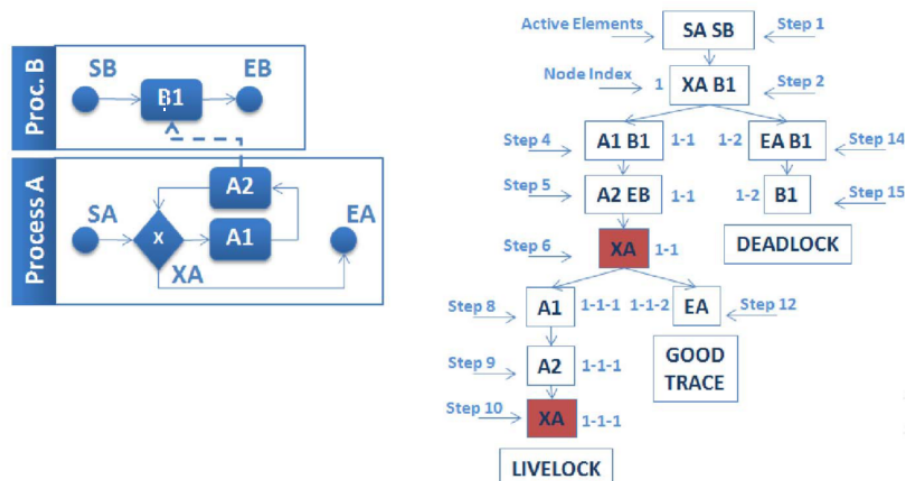
Modelle, die auf formalen Sprachen basieren, werden üblicherweise mithilfe einer automatischen Modellüberprüfung (model-checking) verifiziert. Bei der Modellüberprüfung wird die Korrektheit eines Modells auf Grundlage einer erschöpfenden Suche des gesamten Zustandsraums analysiert. Da der Zustandsraum eines solchen Suchmusters exponentiell anwachsen kann, besteht bei größeren Modellen die Gefahr einer Zustandsexplosion (state explosion) [Clarke et al. 2001].

Um dies zu vermeiden, entwickeln Falcioni et al. einen Verifizierungsalgorithmus für BPMN-Prozessmodelle auf Basis der Entfaltungstechnik (unfolding technique). Das Entfalten beruht auf dem Ansatz, einen Graphen sprichwörtlich aufzuklappen. Dadurch zeigen die Kanten des resultierenden Graphen nur noch in eine Richtung. Folglich ist der Graph dann azyklisch. Da das Aufklappen von Zyklen zu einer unendlichen Entfaltung führt, muss der Suchraum des Graphen zur Lösung von Erreichbarkeitsproblemen auf eine endliche Größe beschränkt werden. Hierfür wird ein aufgefalteter Graph an Stellen (cut-off points), an denen sich Zustandsbelegungen wiederholen und deshalb für grundlegende Erreichbarkeitsprobleme nicht mehr interessant sind, abgeschnitten. Damit reduzieren die cut-off points eine unendliche Entfaltung auf ein endliches, aber dennoch vollständiges Präfix [Falcioni et al. 2012].

Der Algorithmus von Falcioni et al. verifiziert das beispielhafte BPMN-Prozessmodell (Abb. 4.5, links), indem er, ausgehend von den Startereignissen der Pools, nacheinander die Pfade

des Prozessmodells traversiert. Dabei baut er schrittweise ein Präfix in Form einer Baumstruktur auf (Abb. 4.5, rechts). Stößt er während eines Pfaddurchlaufs auf ein XOR-Element, legt er am zugehörigen Baumknoten eine Verzweigung an (Schritt 2 oder 6 in Abb. 4.5, rechts). Der Pfad eines Prozessmodells wird solange verfolgt, bis der Algorithmus einen Deadlock, Livelock oder einen gültigen Pfad identifiziert. Der Algorithmus fährt mit diesem Prinzip fort, bis jeder mögliche Pfad im Prozessmodell mit einer dieser drei Bedingungen endet [Falcioni et al. 2012].

Die Semantik der BPMN-Elemente wird im Rahmen des Verifikationsalgorithmus direkt durch entsprechenden Java<sup>15</sup> Code implementiert. Hierzu transformiert eine Engine das BPMN-Prozessmodell in ein Java-Modell, welches die BPMN-Elemente durch Java-Klassen und deren Zusammenspiel durch Methoden und Attribute realisiert. Der vorgestellte Verifikationsalgorithmus kann über ein Plugin<sup>16</sup> in die Eclipse-Umgebung<sup>17</sup> eingebunden werden. In einer solchen integrierten Entwicklungsumgebung ist es einem Anwender möglich, BPMN-Prozessmodelle zu erstellen, zu verifizieren und gegebenenfalls anzupassen [Falcioni et al. 2012].



**Abbildung 4.5:** Laufender Verifikationsalgorithmus am Beispiel eines BPMN-Prozessmodells, vgl. [Falcioni et al. 2012]

#### 4.3.2.2 Verifizierung mittels Alvis

Die graphische Modellierungssprache Alvis [Szpyrka, Matyasik und Mrówka 2011] erlaubt die Spezifikation von parallel arbeitenden Teilsystemen, welche mithilfe von Agenten beschrieben werden. Funktionalität und Zusammenspiel der Agenten kann der Benutzer über

<sup>15</sup><https://www.java.com/de>

<sup>16</sup><http://sourceforge.net/projects/cowslip/>

<sup>17</sup><https://www.eclipse.org>

die Code-, Grafik- und Systemebene spezifizieren. Die Code-Ebene präzisiert das Verhalten der einzelnen Agenten mittels der Alvis-Code-Language. Der Kommunikationsfluss der Agenten wird über die Grafikebene definiert. Die Systemebene ist größtenteils bereits durch Alvis vorgegeben. Darauf aufbauend bietet Alvis umfangreiche Möglichkeiten, modellierte Systeme auf Basis von formalen Methoden zu verifizieren [Szpyrka et al. 2012].

Szpyrka et al. nutzen diese Eigenschaft, indem sie BPMN-Prozessmodelle zunächst auf Alvis abbilden und diese anschließend formal verifizieren. Ihr Vorgehen lässt sich dabei in folgende Schritte zusammenfassen [Szpyrka et al. 2012]:

1. Als Erstes werden die Aktivitäten des zu verifizierenden BPMN-Prozessmodells auf Alvis-Agenten abgebildet. Sind mehrere Aktivitäten durch einen einfachen Sequenzfluss, und nicht durch Gateways verknüpft, werden sie zu einem einzigen Agenten zusammengefasst.
2. Die Verhaltenslogik der BPMN-Elemente wird auf der Code-Ebene implementiert. Hierzu stellt die Alvis-Code-Language Sprachkonstrukte wie Schleifen oder Variablen zur Verfügung. So lässt sich beispielsweise das XOR-Element mithilfe des if-else Konstrukts umsetzen.
3. Die Kontrollflusslogik des BPMN-Prozessmodells kann in Alvis als Kommunikationsfluss zwischen den Agenten spezifiziert werden. Die Schnittstellen der Agenten, sogenannte Ports, realisieren dabei die ein- und ausgehenden Kanten der BPMN-Aktivitäten. Dieser Schritt stellt die Definition der Grafikebene dar.
4. Das nach Alvis transformierte Prozessmodell wird nun auf ein markiertes Transitionssystem (labelled transition system) abgebildet. Schließlich verifiziert die CADP-Toolbox [Garavel et al. 2011] das Transitionssystem mittels einer Modellüberprüfung.

Für ein detailliertes Beispiel der Alvis-Verifizierung sei auf [Szpyrka et al. 2012] verwiesen.

### 4.3.3 Vergleich von BPMN-Prozessmodellen

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Pietsch und Wenzel 2012]	Comparison of BPMN2 Diagrams	3

**Tabelle 4.5:** Relevante Arbeiten zum Thema Vergleich, Stand 2014-09-16

Der Vergleich von Prozessmodellen stellt im Alltag von Business Analysten oder Softwareentwicklern eine wichtige Funktionalität dar, mit welcher u.a. die strukturellen Veränderungen eines Prozessmodells über einen gewissen Zeitraum hinweg ermittelt werden können. Doch auch komplexere Anwendungen wie die Zusammenführung (merging) von Prozessmodellen basieren auf einer zuverlässigen Vergleichsfunktionalität [Pietsch und Wenzel 2012].

#### 4.3.3.1 Vergleichsverfahren für BPMN-Prozessmodelle

Im Allgemeinen basiert ein Vergleich von zwei Modellinstanzen auf einer paarweisen Abbildung ihrer Modellelemente (matching) und einer darauf aufbauenden Differenzberechnung (difference). Bei der Differenzberechnung wird eine logische Folge der Operationen Hinzufügen (add), Löschen (delete) und Aktualisieren (update) ermittelt, welche die eine Modellinstanz in die andere überführen kann [Pietsch und Wenzel 2012].

Die Auswahl der passenden Heuristik spielt für die erfolgreiche Abbildung der Modellelemente und folglich für das gesamte Vergleichsverfahren eine entscheidende Rolle. Deshalb muss die gewählte Heuristik mit den spezifischen Anforderungen des zu vergleichenden Modelltyps übereinstimmen. Das generische Eclipse Modeling Framework (EMF)<sup>18</sup> verwendet beispielsweise eine Top-Down Heuristik, welche ausschließlich die Modellelemente gleicher Hierarchieebenen miteinander vergleicht [Pietsch und Wenzel 2012].

Die Prozessmodellierung ist jedoch durch einen experimentellen Charakter geprägt, in der Elemente und Fragmente von Prozessmodellen häufig verschoben werden. Aus diesem Grund entwickeln Pietsch und Wenzel eine Anwendung, welche BPMN-Prozessmodelle auf Grundlage der Bottom-Up Global Heuristik vergleicht. Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass sich die übereinstimmenden Elemente zweier Prozessmodelle auf unterschiedlichen Hierarchieebenen befinden können. Neben dem paarweisen Vergleich der Elemente analysiert die Bottom-Up Global Heuristik ebenfalls die Ähnlichkeit der Elementumgebungen. Allerdings weist dieser Ansatz aufgrund der hohen Anzahl an Vergleichsoperationen eine höhere Laufzeit als die Top-Down Heuristik auf [Pietsch und Wenzel 2012].

Pietsch und Wenzel implementieren ihre Vergleichsanwendung mithilfe des konfigurierbaren Frameworks SiDiff<sup>19</sup>. Das Framework erlaubt es, Vergleichsfunktionalitäten für verschiedene Modelltypen auf Grundlage derer spezifischen Anforderungen zu entwickeln. Hierzu lässt sich über eine Gewichtungsfunktion einstellen, inwieweit bestimmte Faktoren wie Heuristiken, ein- und ausgehender Sequenzfluss, Elementname oder Nachbarelemente beim Modellvergleich berücksichtigt werden sollen [Pietsch und Wenzel 2012].

<sup>18</sup><http://www.eclipse.org/modeling/emf>

<sup>19</sup><http://pi.informatik.uni-siegen.de/sidiff>

## 4.4 Datenmodellierung

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Meyer et al. 2013]	Modeling and Enacting Complex Data Dependencies in Business Processes	14
[Rodríguez et al. 2012]	A BPMN Extension for Including Data Quality Requirements in Business Process Modeling	7
[Parody, Gómez-López und Gasca 2012]	Extending BPMN 2.0 for Modelling the Combination of Activities That Involve Data Constraints	1

**Tabelle 4.6:** Relevante Arbeiten zum Thema Datenmodellierung, Stand 2014-09-16

Primär basiert die BPMN-Modellierung auf der graphischen Darstellung von prozeduralen Abläufen. Deshalb stellt BPMN auch eine entsprechend große Anzahl an Elementen der Kontrollflussperspektive zur Verfügung (Kap. 3.2.1.3). Es ist dennoch unumgänglich, Prozessmodelle um geeignete Aspekte der Datenebene zu ergänzen. So muss ein Modellierer u.a. den Sachverhalt beschreiben können, dass Datenobjekte durch die Ausführung von Prozessmodellaktivitäten erzeugt oder modifiziert werden (Kap. 2.3.2).

Da BPMN jedoch nur limitierte Möglichkeiten zur Datenmodellierung anbietet, hat die Forschung mehrere BPMN-Erweiterungen entwickelt, welche die grundlegenden BPMN-Datenelemente zu komplexeren Datenkonzepten zusammensetzen. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich vor allem mit Datenabhängigkeiten (Kap. 4.4.1), Datenbeschränkungen (Kap. 4.4.2) und Datenqualität (Kap. 4.4.3). Obwohl die Arbeit von [Parody, Gómez-López und Gasca 2012] nach aktuellem Stand nur eine Zitierung aufweist, wurde sie im Rahmen der Lecture Notes in Business Information Processing<sup>20</sup> von 22 eingereichten Arbeiten unter die sechs Hauptarbeiten gewählt. Deshalb soll diese Arbeit trotz ihrer geringen Zahl an Zitierungen in diesem Kapitel (Kap. 4.4) behandelt werden. Die wenigen Zitierungen lassen sich möglicherweise dadurch erklären, dass es sich bei der Arbeit um ein komplexes Datenkonzept handelt, das nur in sehr spezifischen Anwendungsfällen verwendbar ist.

### 4.4.1 Datenabhängigkeiten

Datenobjekte fungieren in BPMN als Eingabe- und Ausgabeparameter für die Aktivitäten eines Prozessmodells. Dabei wird festgelegt, in welchem spezifischen Zustand sich ein Datenobjekt vor oder nach Ausführung einer Aktivität befinden muss. Dieser Ansatz bietet allerdings nur begrenzte Möglichkeiten um die Vor- und Nachbedingungen einer Aktivität zu spezifizieren. So stellt BPMN beispielsweise kein Konzept zur Verfügung, mit dem eine

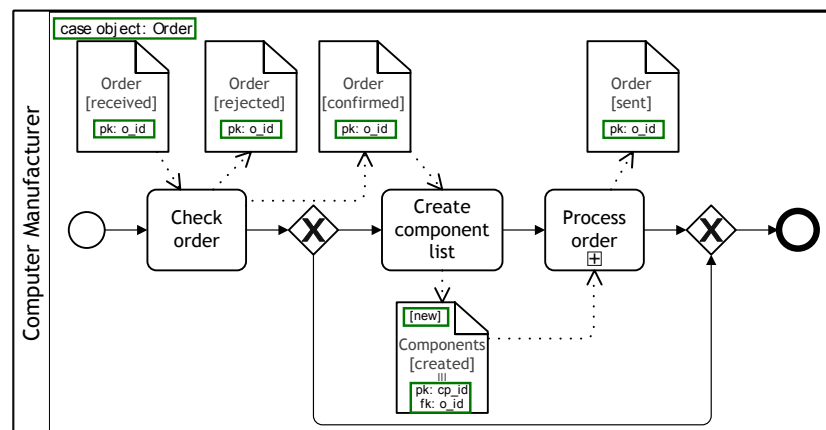
<sup>20</sup><http://www.springer.com/business+%26+management/business+information+systems/book/978-3-642-33154-1>



$1:n$ -Relation zwischen zwei Datenobjekten definiert werden kann. Eine solch komplexe Datenabhängigkeit wird deshalb üblicherweise als eigenständige Softwareanwendung realisiert und anschließend an das Prozessmodell gekoppelt. Jedoch führt diese Lösung zu einer erhöhten Fehleranfälligkeit und einem vermehrten Wartungsaufwand [Meyer et al. 2013]. Zur Verhinderung der genannten Nachteile präsentieren [Meyer et al. 2013] eine BPMN-Erweiterung, mit der komplexe Datenabhängigkeiten direkt im Prozessmodell definiert werden können. Zur Umsetzung ihres Ansatzes erweitern sie die Metaklasse des Datenobjekts um folgende Aspekte:

- ◇ Um  $1:n$ - und  $n:m$ -Relationen zwischen Datenobjekten zu ermöglichen, fügen Meyer et al. die Attribute Primärschlüssel (pk) und Fremdschlüssel (fk) hinzu.
- ◇ Ein Datenobjekt soll durch die Operationen Lesen (read), Erzeugen (create), Verändern (update) oder Löschen (delete) annotiert werden können. Dadurch lässt sich spezifizieren, auf welche Weise ein Datenobjekt von einer Aktivität verwendet oder manipuliert wird.

Abbildung 4.6 veranschaulicht die Funktionsweise der BPMN-Erweiterung anhand eines Fertigungsprozesses. Die grünen Markierungen verdeutlichen die von Meyer et al. neu definierten Metamodellelemente.



**Abbildung 4.6:** Fertigungsprozess mit komplexen Datenabhängigkeiten, vgl. [Meyer et al. 2013]

Im Rahmen der BPMN-Erweiterung von Meyer et al. besitzt jedes Prozessmodell ein zentrales Datenobjekt (case object), welches über einen Fremdschlüssel mit den übrigen Datenobjekten des Prozessmodells verknüpft werden kann. In Abbildung 4.6 wird das Case Object durch das Datenobjekt *Bestellung* (Order) und dem zugehörigen Primärschlüssel *o\_id* repräsentiert. Der erste Schritt des Prozesses umfasst den Erhalt einer *Bestellung* (Order). Zur Aktivierung der Aktivität *Bestellüberprüfung* (Check Order) muss sich das Datenobjekt *Bestellung* jedoch in dem spezifischen Zustand *Bestellung erhalten* (Order [received]) befinden. Somit stellt dieser Zustand eine einfache Vorbedingung für die Aktivierung der *Bestellüberprüfung* dar. Das

hierfür benötigte Lesen (read) des Datenobjekts *Bestellung* wird durch die eingehende Kante der Aktivität *Bestellüberprüfung* ausgedrückt. Nach Ausführung der *Bestellüberprüfung* wird die Bestellung entweder *abgelehnt* (*Order [rejected]*) oder *bestätigt* (*Order [confirmed]*). In beiden Fällen verändert (update) die Aktivität *Bestellüberprüfung* den Zustand des bereits existierenden Datenobjekts *Bestellung*. Dies wird durch die beiden ausgehenden Kanten repräsentiert [Meyer et al. 2013].

Bis zu dieser Stelle im beispielhaften Prozessmodell können die geschilderten Datenobjektbeziehungen ohne die neuen Elemente der BPMN-Erweiterung umgesetzt werden, da es sich hierbei lediglich um einfache 1:1-Relationen handelt. Auch die Darstellung der Operationen Lesen (read) und Verändern (update) erfordert ausschließlich ein- und ausgehende Kanten. Die Datenobjekte der Aktivität *Erzeugen der Komponentenliste* (*Create component list*) machen jedoch von ihren Primär- und Fremdschlüsseln Gebrauch und benötigen ebenfalls die Annotation *[new]* zur Kennzeichnung von neu erzeugten (create) Datenobjekten. Die Aktivität *Erzeugen der Komponentenliste* setzt die *bestätigte Bestellung* (*Order [confirmed]*) als eingehendes Datenobjekt voraus und produziert nach ihrer Ausführung die Datensammlung *erzeugte Komponenten* (*Components [created]*). Eine Datensammlung [OMG 2011, S. 206-207] repräsentiert in BPMN eine Menge an Datenobjekten. Das Datenobjekt *bestätigte Bestellung* und die Datenobjekte der Datensammlung *erzeugte Komponenten* werden über ihre Primärschlüssel *o\_id* und *cp\_id* eindeutig identifiziert und mithilfe des Fremdschlüssels *o\_id* zu einer 1:n-Relation verknüpft. Die *[new]*-Annotation der Datensammlung *erzeugte Komponenten* deutet an, dass diese Datensammlung durch die Aktivität *Erzeugen der Komponentenliste* neu erzeugt (create) worden ist [Meyer et al. 2013].

#### 4.4.2 Datenbeschränkungen

Abstrakt gesehen müssen die Aktivitäten eines Prozessmodells so kombiniert werden, dass sie ein gemeinsames Ziel auf bestmögliche Weise erreichen. Zur Verdeutlichung dieser Aussage sei ein Beispielprozess für eine Urlaubsbuchung angenommen, der sich lediglich aus einer Aktivität A für die Flugbuchung und einer Aktivität B für die Hotelbuchung zusammensetzt. Ziel des Beispielprozesses soll es sein, auf Grundlage von individuellen Kundendaten einen möglichst günstigen Gesamtpreis aus Flug und Hotel zu ermitteln [Parody, Gómez-López und Gasca 2012].

Im Idealfall ermitteln die beiden Aktivitäten auf Grundlage der Kundendaten, und ohne Zuhilfenahme der jeweils anderen Aktivität, die günstigsten Angebote für Flug und Hotel. So wäre vorstellbar, dass ein Kunde am 2014-10-10 von Stuttgart nach Berlin fliegen möchte und am 2014-10-20 seinen Rückflug antreten will. In diesem Zeitraum möchte er in einem Berliner Hotel übernachten. Da diese Kundendaten ausschließlich atomare Werte enthalten, können die beiden Aktivitäten unabhängig voneinander ausgeführt werden. Während Aktivität A also entsprechend der gegebenen Daten für Hin- und Rückflug den günstigsten Flug ermittelt, sucht Aktivität B das billigste Hotel. Die günstigsten Angebote für Flug und Hotel werden schließlich zu einer Gesamtsumme zusammengefasst [Parody, Gómez-López und Gasca 2012].

In komplexeren Situationen können die Eingabedaten der Aktivitäten jedoch logisch voneinander abhängen. Dies tritt im Falle des Beispielprozesses dann auf, wenn die Daten der

Urlaubsbuchung keine spezifischen, sondern variable Zeiträume enthalten. Beispielsweise könnte der Kunde zwei optionale Termine für sein gewünschtes Abflugdatum (2014-10-10 oder 2014-10-17) angeben. Nun wäre es möglich, dass zwar ein sehr billiger Hinflug am 2014-10-10 zur Verfügung steht, die Berliner Hotels in dieser Woche aber aufgrund einer lokalen Veranstaltung sehr teuer sind. Daher wäre es in diesem Fall die günstigere Wahl, wenn der Kunde den teureren Hinflug am 2014-10-17 wählt, als Gesamtsumme aber dennoch einen billigeren Gesamtpreis erhält. Somit führt die Ermittlung der besten Teilergebnisse (z.B. der billigste Flug) nicht zwangsläufig zum besten Gesamtergebnis (z.B. die billigste Gesamtsumme) [Parody, Gómez-López und Gasca 2012].

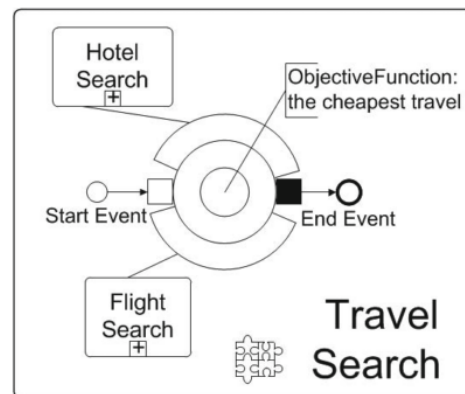
Zusammenfassend stellt sich also die Frage, wie konkrete Eingabewerte aus einem Datenintervall so ausgewählt werden können, dass diese zum bestmöglichen Gesamtergebnis führen. Im Hinblick auf diese Problematik erweitern [Parody, Gómez-López und Gasca 2012] das BPMN-Metamodell um den Combination of Activities (CombA)-Unterprozess, welcher zur Ermittlung der optimalen Gesamtlösung alle möglichen Kombinationen für die Eingabewerte der Aktivitäten testet. Der CombA-Unterprozess ist aus folgenden Teilkomponenten aufgebaut [Parody, Gómez-López und Gasca 2012]:

- ◇ **Aktivitäten:** Der CombA-Unterprozess besitzt eine beliebige Menge an Aktivitäten. Die sequentielle Reihenfolge dieser Aktivitäten muss zum Zeitpunkt der Prozessausführung nicht bekannt sein. Der CombA-Unterprozess der beispielhaften Urlaubsbuchung würde Aktivitäten für die Flug- und Hotelbuchung beinhalten.
- ◇ **Datenobjekte:** Dem CombA-Unterprozess können beliebig viele Datenobjekte als Eingabeparameter für die Aktivitäten übergeben werden. Im Beispiel der Urlaubsbuchung handelt es sich dabei um Datenobjekte für Hin- und Rückflugdatum sowie Start- und Zielort.
- ◇ **Globale Optimierungsfunktion:** Die globale Optimierungsfunktion bestimmt das optimale Gesamtergebnis des CombA-Unterprozesses. Im Falle der Urlaubsbuchung würde es sich um eine Minimierungsfunktion zur Ermittlung des minimalen Gesamtpreises handeln.
- ◇ **Datenbeschränkungen:** Die globale Optimierungsfunktion kann um weitere Datenbeschränkungen ergänzt werden. So wird im Buchungsprozess u.a. definiert, dass das Ankunftsdatum mit dem ersten Tag der Hotelübernachtung übereinstimmen muss.

Endet ein CombA-Unterprozess erfolgreich, dann wurden alle Teilergebnisse sowie das optimale Gesamtergebnis für die zu lösende Aufgabenstellung ermittelt. Im Beispiel des Buchungsprozesses würde der Gesamtpreis der Buchung und die Einzelkosten für Flug und Hotel ausgegeben werden. Findet der CombA-Unterprozess jedoch kein Ergebnis, kann dieser durch die Definition einer maximalen Zeitdauer unterbrochen werden [Parody, Gómez-López und Gasca 2012].

Auf der deskriptiven Ebene der BPMN-Modellierung (Kap. 2.3.2) wird der CombA-Unterprozess als Puzzle-Symbol abgebildet. Abbildung 4.7 zeigt am Beispiel der Urlaubsbuchung die graphische Repräsentation des CombA-Unterprozesses auf analytischer Ebene. Hier wird veranschaulicht, dass die Ermittlung des optimalen Gesamtpreises von der perfekten Kombination mehrerer Puzzleteile abhängt. Die Halbkreise für Flug- und Hotelsuche

verdeutlichen die verschiedenen Möglichkeiten für die Werte der Eingabeparameter. Auf technischer Ebene der BPMN-Modellierung kann der CombA-Unterprozess als Distributed Constraint Satisfaction Problem [Yokoo et al. 1998] realisiert werden. Hierbei koordinieren sich die Aktivitätsknoten des BPMN-Prozessmodells dahingehend, dass sie das gemeinsame Optimierungsproblem auf Basis einer dezentralen Kommunikation lösen [Parody, Gómez-López und Gasca 2012].



**Abbildung 4.7:** Der CombA-Unterprozess auf analytischer Ebene, Quelle: [Parody, Gómez-López und Gasca 2012]

#### 4.4.3 Datenqualität

Geschäftsprozesse treffen ihre logischen Entscheidungen auf Grundlage von Daten. Folglich kann eine geringe Datenqualität (DQ) zu einem ineffizienten oder gar fehlerhaften Verhalten führen. Die DQ definiert die „Eignung einer Datensammlung, den Anforderungen der Anwender zu entsprechen“ [Rodríguez et al. 2012]. Konkret kann es sich hierbei, je nach Ziel des Anwenders, um Datenqualitätsdimensionen wie Vollständigkeit, Konsistenz oder Sicherheit handeln [Rodríguez et al. 2012].

Zur Verbesserung der DQ in Prozessmodellen entwickeln Rodríguez et al. eine BPMN-Erweiterung. Hierfür erweitern sie das BPMN-Metamodell um die Klasse *dqFlag*, mit welcher datenintensive BPMN-Elemente wie Nachrichten, Datenobjekte, Datensammlungen oder Aktivitäten markiert werden können. Darauf aufbauend erarbeiten Rodríguez et al. ein vierstufiges Verfahren, welches die schrittweise Umsetzung von entsprechenden Qualitätsmaßnahmen auf technischer und organisatorischer Ebene ermöglicht [Rodríguez et al. 2012]:

1. Im ersten Schritt markiert ein Business Analyst mithilfe der beschriebenen *dqFlag* die BPMN-Prozessmodellelemente, welche hinsichtlich der DQ untersucht werden sollen.
2. Im zweiten Schritt bestimmen der Business Analyst und der DQ-Experte die spezifischen Anforderungen für die markierten BPMN-Elemente. Hierbei wird für jedes

Element u.a. analysiert, welche Relevanz entsprechende Qualitätsmaßnahmen hätten und welche Datenqualitätsdimensionen zu betrachten wären.

3. Im dritten Schritt entscheiden Business Analyst und DQ-Experte mithilfe der ermittelten DQ-Anforderungen, welche konkreten Verbesserungsmaßnahmen für die einzelnen Elemente durchzuführen sind. Die Umsetzung dieser Maßnahmen resultiert in einem optimierten Prozessmodell, welches zur Verbesserung der DQ um zusätzliche Aktivitäten angereichert worden ist.
4. Im vierten Schritt werden passende UML-Anwendungsfälle für die markierten Elemente generiert. Auf diese Weise werden die Softwareentwickler dabei unterstützt, die neu hinzugekommenen Aktivitäten in entsprechende Softwareanwendungen umzuwandeln.

Zur Verdeutlichung des beschriebenen Vorgehens sei die Aktivität „Kreditwürdigkeit überprüfen“ angenommen, welche als Eingabeparameter das Datenobjekt „Kundendaten“ benötigt. Im Zuge des ersten Schrittes wäre nun vorstellbar, dass der Business Analyst das Datenobjekt „Kundendaten“ durch eine dqFlag markiert. Im zweiten Schritt wird die Korrektheit des Datenobjekts „Kundendaten“ als relevante Datenqualitätsdimension spezifiziert. Im dritten Schritt könnte dem zugehörigen Prozessmodell eine Aktivität hinzugefügt werden, welche die Korrektheit der Kundendaten überprüft. Es könnte sich hier um einen Unterprozess handeln, der mithilfe einer ersten Aktivität die Kundendaten auf Existenz der Pflichtfelder (bspw. Name und Kontonummer) überprüft und diese anschließend durch eine zweite Aktivität mit Referenzwerten vergleicht. Im letzten Schritt wird schließlich ein Anwendungsfalldiagramm generiert, welches Anwendungsfälle für die Pflichtfeldüberprüfung und den Referenzvergleich beinhaltet [Rodríguez et al. 2012].

### 4.5 Business Analyse

Die Business Analyse umfasst eine „Reihe von Aufgaben und Techniken, die dazu dienen, Strategien, Strukturen, Ziele, Aufgaben und Prozesse einer Organisation zu verstehen“ [International Institute of Business Analysis 2012]. Im Rahmen des BPM wird eine Business Analyse auf Grundlage des Prozessmodells durchgeführt. Es stellt ein zentrales Bindeglied dar, das während der Modellierungsphase durch unterschiedliche fachliche Anforderungen angereichert werden kann.

Die nun folgenden Unterkapitel (Kap. 4.5.1 - Kap. 4.5.4) beschäftigen sich mit der Frage, wie Prozessmodelle durch BPMN-Erweiterungen so ergänzt werden können, dass sie Konzepte aus den Bereichen Geschäftsregeln (Kap. 4.5.1), Sicherheit (Kap. 4.5.2), Business Activity Monitoring (Kap. 4.5.3) und Social BPM (Kap. 4.5.4) über den gesamten BPM-Zyklus hinweg unterstützen. Da sich die Unterkapitel (Kap. 4.5.1 - Kap. 4.5.4) am aktuellen Forschungsfokus des jeweils behandelten Unterthemas orientieren, existieren leichte Unterschiede beim inhaltlichen Aufbau. Es sei dennoch angemerkt, dass die Unterkapitel eine einheitliche Überstruktur besitzen. So wird nach Möglichkeit auf die jeweilige BPMN-Erweiterung, das dazugehörige Organisationskonzept sowie die damit verbundenen Möglichkeiten und Herausforderungen eingegangen.

### 4.5.1 Integration von BPMN und Geschäftsregeln

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Kluza et al. 2012]	Proposal of Representing BPMN Diagrams with XTT2-Based Business Rules	15
[Kluza, Kaczor und Nalepa 2012]	Enriching Business Processes with Rules Using the Oryx BPMN Editor	13
[Skersys et al. 2012]	Extending BPMN Business Process Model with SBVR Business Vocabulary and Rules	5
[Malik und Bajwa 2013]	Back to Origin: Transformation of Business Process Models to Business Rules	4
[Döhring und Heublein 2012]	Anomalies in Rule-Adapted Workflows - A Taxonomy and Solutions for vBPMN	4

**Tabelle 4.7:** Relevante Arbeiten zum Thema Geschäftsregeln, Stand 2014-09-16

BPMN basiert auf der Idee, prozedurales Wissen durch die Verknüpfung von graphischen Elementen zu beschreiben. Dadurch ist BPMN bestens für die Modellierung von abstrakten Prozessabläufen geeignet. Allerdings kann die detaillierte Geschäftslogik eines BPMN-Prozessmodells nur umständlich spezifiziert werden. Folgende Bedingung für eine Vertragsberechnung verdeutlicht diese Problematik [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012]:

**Wenn** Kunde **weniger** als 3000 Euro verdient, **dann** Vertrag A anbieten.

**Wenn** Kunde **zwischen** 3000 **und** 4000 verdient, **dann** Vertrag B anbieten.

**Wenn** Kunde **zwischen** 4000 **und** 5000 verdient, **dann** Vertrag C anbieten.

**Wenn** Kunde **mehr als** 5000 Euro verdient, **dann** Vertrag D anbieten.

Die Umsetzung dieses Beispiels resultiert bei einer graphenbasierenden Modellierungssprache wie BPMN in einer unübersichtlichen Kontrollflusslogik. Außerdem handelt es sich bei einer Bedingung dieser Form üblicherweise um domänenspezifisches Wissen, welches für das übergeordnete Verhalten eines Prozessablaufes irrelevant ist [Malik und Bajwa 2013]. Ein Lösungsansatz für dieses Beispiel könnte daher sein, die Vertragsberechnung zwar abstrakt als BPMN-Aktivität zu repräsentieren, die eigentliche Geschäftslogik jedoch an anderer Stelle zu hinterlegen. Hier bieten deklarative Formate wie eXtended Tabular Trees (XTT2) [Nalepa, Ligęza und Kaczor 2011] oder Semantics of Business Vocabulary and Rules (SBVR)<sup>21</sup> die Möglichkeit, Logik in Form von präzisen Geschäftsregeln zu spezifizieren und anschließend auf platzsparende Weise an das Prozessmodell anzuhängen. Dieses Konzept kann im Rahmen der Prozessmodellierung u.a. dazu verwendet werden, die Semantik von Prozessmodellen zu präzisieren oder die Compliance in Organisationen zu beschreiben [Ligęza, Kluza und Potempa 2014]. Auch haben Geschäftsregeln den Vorteil, dass sie sich im Vergleich zu BPMN mehr an der natürlichen Sprache des Menschen orientieren und für Laien daher leichter verständlich sind [Malik und Bajwa 2013].

<sup>21</sup><http://www.omg.org/spec/SBVR>

Aktuell bietet BPMN aber keine Möglichkeit, Prozessmodelle um Geschäftsregeln anzureichern. BPMN-Anwender überbrücken dieses Defizit, indem sie Regeln in Form von Kommentaren definieren und lose mit dem Prozessmodell verknüpfen [Recker 2010]. Wie sich jedoch leicht erkennen lässt, mangelt es dieser Technik an formaler Genauigkeit und Ausführbarkeit. Aus diesem Grund ist sich die aktuelle Forschung einig (siehe [Kluza et al. 2012; Ligęza, Kluza und Potempa 2014; Skersys et al. 2012]), dass es ganzheitlicher Methodologien bedarf, welche die komplementäre Darstellung von Prozesswissen auf Basis von BPMN und Geschäftsregeln erlauben.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit sei ein Prozessmodell mit dazugehörigen Geschäftsregeln als *integriertes Prozessmodell* definiert.

### 4.5.1.1 Herausforderungen des Integrationsprozesses

Da es sich bei einer graphenbasierenden Modellierungssprache wie BPMN und der deklarativen Spezifikation von Geschäftsregeln um zwei grundlegend verschiedene Paradigmen handelt, birgt der Entwicklungsversuch einer ganzheitlichen Integrationsmethodik diverse Herausforderungen. [Kluza et al. 2012], [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012] und [Döhring und Heublein 2012] identifizieren hierbei unterschiedliche Problemaspekte, welche sich auf Grundlage des BPM-Zyklus in folgende zeitliche Reihenfolge bringen lassen:

1. **Graphische Modellierung** - *Wie können Prozessmodell und Geschäftsregeln in einer integrierten Entwicklungsumgebung modelliert werden?*  
Diese Umgebung muss u.a. sicherstellen, dass der Anwender jedem BPMN-Element des Prozessmodells individuelle Geschäftsregeln anhängen kann [Kluza et al. 2012].
2. **Anomalien in der Geschäftslogik** - *Welche Anomalien können während der Modellierung entstehen und wie können sie behoben werden?*  
Unter einer Anomalie verstehen [Döhring und Heublein 2012] „jeden Zustand“, welcher aufgrund lückenhafter Modellierung „vom Erwarteten abweicht“. Anomalien können in die Kategorien Kontrollfluss, Regelbasis und Datenfluss unterteilt werden [Döhring und Heublein 2012].
3. **Semantische Lücke** - *Wie wird garantiert, dass die Kombination von Prozessmodell und Geschäftsregeln keine semantischen Inkonsistenzen aufweist?*  
Inkonsistente Prozessmodelle führen während der Ausführungsphase zu Problemen. Es wird dann von einer semantischen Lücke (semantic gap) gesprochen [Kluza et al. 2012].
4. **Ausführung des integrierten Prozessmodells** - *Auf Basis welcher technischen Infrastruktur können Prozessmodell und Geschäftsregeln parallel ausgeführt werden?*  
Hierzu müssen Konzepte zur Koordination von Prozess- und Rule-Engine existieren [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012].

Die zwei folgenden Integrationsmethodiken (Kap. 4.5.1.2 und Kap. 4.5.1.3) bieten Lösungsideen für den ersten, dritten und vierten Problemaspekt. Auf den zweiten Problemaspekt wird aus Platzgründen in dieser Arbeit nicht näher eingegangen. Hierzu sei auf [Döhring und

Heublein 2012] verwiesen, welche eine detaillierte Taxonomie aller auftretenden Anomalien erstellen. Auf Basis dieser Taxonomie entwickeln sie eine Checking Pipeline, welche einige dieser Anomalien automatisch auflösen kann.

#### 4.5.1.2 Integration von BPMN und XTT2

Bei XTT2 handelt es sich um eine graphische Darstellungstechnik, welche Geschäftsregeln in Form von Entscheidungstabellen spezifiziert. Komplex zusammengesetzte Geschäftsregeln werden in XTT2 durch Netzwerke von Entscheidungstabellen umgesetzt. Tabelle 4.8 zeigt die bereits präsentierte Beispielbedingung (Kap. 4.5.1) als einfache Entscheidungstabelle. Jede Zeile repräsentiert einen möglichen Regelfall, wobei die linke Spalte die zutreffende Startbedingung und die rechte Spalte die resultierende Wertzuweisung darstellt [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012].

monatliches Einkommen [Euro]	Vertragsvariante
< 3000	Vertrag A
[3000, 4000]	Vertrag B
[4000, 5000]	Vertrag C
> 5000	Vertrag D

**Tabelle 4.8:** Beispiel einer einfachen XTT2 Bedingung, angelehnt an [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012]

Als Lösungsmöglichkeit für den ersten Problemaspekt *graphische Modellierung* skizzieren [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012] ein technisches Rahmenwerk, welches Oryx<sup>22</sup>, einen web-basierten Editor für Prozessmodelle, und den HeKatE Qt Editor [Nalepa und Ligeza 2010], einen Editor für die Bearbeitung von XTT2 Regeln, in einer Entwicklungsumgebung vereint. Wird im Oryx Editor auf ein BPMN-Element geklickt, so wird ein neues Fenster angezeigt, in welchem der Benutzer mithilfe des HeKatE Qt Editors eine XTT2 Entscheidungstabelle anlegen kann.

[Kluza et al. 2012] schlagen vor, BPMN-Prozessmodelle komplett durch XTT2 Regeln zu ersetzen. Hierzu wird jedes BPMN-Element auf eine XTT2 Regel abgebildet, welche die Logikfunktion des jeweiligen BPMN-Elements mittels Entscheidungstabelle simuliert. Soll ein gesamtes BPMN-Prozessmodell in einen XTT2 Regelsatz transformiert werden, dann werden alle Elemente sowie der Kontrollfluss des BPMN-Prozessmodells in ein entsprechendes Netzwerk an Entscheidungstabellen umgewandelt. Kombiniert ein Anwender dieses Transformationskonzept mit der bereits beschriebenen Entwicklungsumgebung, so kann er ein integriertes Prozessmodell erstellen und dieses anschließend direkt in XTT2 überführen. Eine *semantische Lücke* wird auf diese Weise vermieden, da das BPMN-Prozessmodell sowie die Geschäftsregeln im XTT2 Format vorliegen [Kluza et al. 2012].

<sup>22</sup><http://bpt.hpi.uni-potsdam.de/oryx>



Im Rahmen von XTT2 existieren für den Problemaspekt *technische Ausführung* zwei Varianten. Zum einen wäre es vorstellbar, dass nach entsprechender Transformation (Kap. 3.4.1) eine BPEL Engine das BPMN-Prozessmodell und eine HeKatE Run Time (HeaRT) Engine [Nalepa 2010] die XTT2 Regeln ausführt. Bei dieser Konstellation müsste die BPEL Engine allerdings auf HeaRT zugreifen können um das Zusammenspiel beider Engines zu koordinieren. Die zweite Variante besteht darin, das integrierte Prozessmodell mithilfe des beschriebenen Transformationskonzepts komplett in XTT2 Regeln umzuwandeln. So könnten BPMN-Prozessmodell und Geschäftsregeln lediglich mit HeaRT ausgeführt werden. Jedoch merken Kluza, Kaczor und Nalepa an, dass ihr Transformationskonzept aktuell nur eine Teilmenge der BPMN-Elemente unterstützt und eine praktische Anwendung folglich nur eingeschränkt möglich wäre [Kluza, Kaczor und Nalepa 2012].

### 4.5.1.3 Integration von BPMN und SBVR

SBVR ist ein vom OMG vorgeschlagener Standard [*Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR). Version 1.2.*] zur Beschreibung von Geschäftsregeln. Die Objekte des Business Vocabulary (BV) werden für die Definition von gebräuchlichem Geschäftswissen verwendet und sind in einer hierarchischen Baumstruktur angeordnet. Im Rahmen dieser Arbeit spielen aber ausschließlich die beiden BV-Objekte Noun Concept und Fact Type eine Rolle. Ersteres wird zur begrifflichen Abgrenzung von Geschäftsobjekten verwendet. Letzteres setzt mehrere Noun Concepts in Beziehung um so komplexes Geschäftswissen abzuleiten. Die Bausteine einer SBVR-Geschäftsregel bestehen grundsätzlich aus BV-Objekten, wobei eine Geschäftsregel jedoch mindestens einen Fact Type enthalten muss. Beispielsweise können die Noun Concepts „Manager“ und „Projekt“ zu dem Fact Type „Manager beaufsichtigt Projekt“ verknüpft werden, welches damit bereits eine SBVR-Geschäftsregel darstellt [Malik und Bajwa 2013].

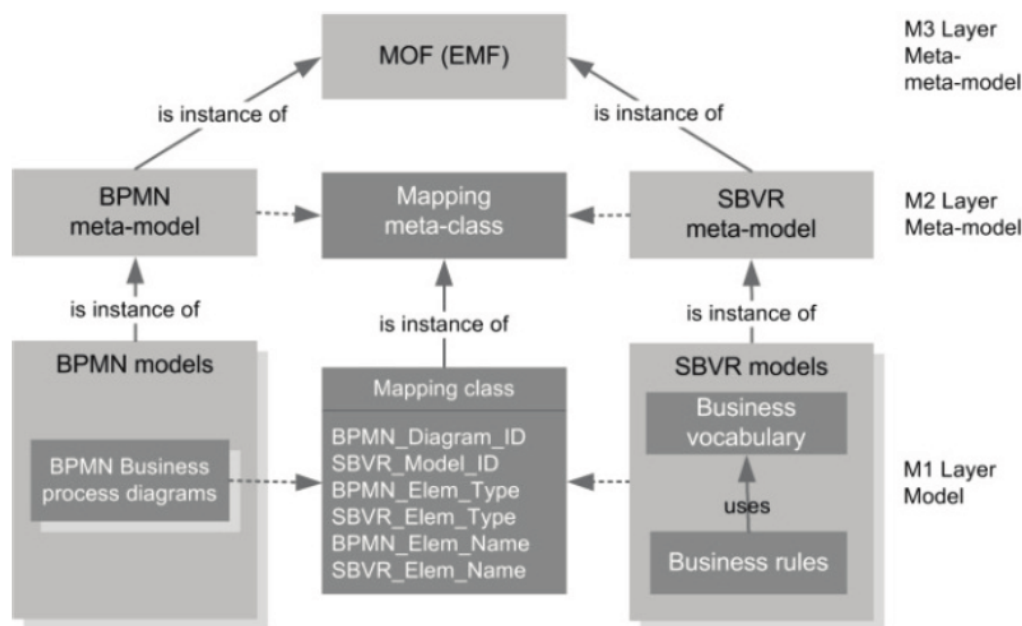
Während ein BPMN-Anwender bei der XTT2 Integrationsmethodik (Kap. 4.5.1.2) mit der Anfertigung des Prozessmodells starten muss, präsentieren [Skersys et al. 2012] einen auf SBVR basierenden Ansatz, bei dem es dem Modellierer selbst überlassen ist, ob er mit der Erstellung des Prozessmodells oder der Definition der BV-Objekte anfangen möchte. Hierbei wird er durch einen Synchronisationsmechanismus unterstützt, welcher das BPMN-Prozessmodell und die BV-Objekte in beide Richtungen automatisch aufeinander abbildet. Skersys et al. präsentieren ebenfalls eine integrierte Entwicklungsumgebung, welche den VeTIS Editor [Nemuraite et al. 2010] über eine Pluginfunktionalität mit dem graphischen Editor MagicDraw UML<sup>23</sup> verknüpft. So kann ein Anwender das BPMN-Prozessmodell mit MagicDraw UML und gleichzeitig die SBVR-Geschäftsregeln mit dem VeTIS Editor bearbeiten.

Konzeptionell wird die Integration von BPMN und SBVR über eine paarweise Abbildung ihrer Metamodellelemente realisiert (Abb. 4.8). Da die Metamodelle von BPMN und SBVR jeweils Instanzen des Metametamodells Meta Object Facility (MOF)<sup>24</sup> sind, wird der Abbildungsprozess durch die gemeinsame Überstruktur deutlich vereinfacht. Um die Abbildung

<sup>23</sup><http://www.nomagic.com>

<sup>24</sup><http://www.omg.org/mof>

zweier konkreter Metamodellelemente zu identifizieren, wird eine Abbildungsklasse (Mapping class in Abb. 4.8) als Hilfsstruktur verwendet. Sie speichert alle relevanten Abbildungsdaten in ihren Klassenattributen. Wenn beispielsweise ein *Kunde*, repräsentiert durch das BPMN-Element *Lane*, die Aktivität *Vertrag unterzeichnen* ausführt, dann resultiert dies laut dem BPMN-SBVR Abbildungskonzept in dem Noun Concept *Kunde* und dem Fact Type *Kunde unterzeichnet Vertrag*. Bei dieser Abbildung werden die Identifikatoren der beteiligten BPMN- und SBVR-Elemente in einer Abbildungsklasse gespeichert [Skersys et al. 2012].



**Abbildung 4.8:** Integration der Metamodelle von BPMN und SBVR, Quelle: [Skersys et al. 2012]

Das beschriebene Abbildungskonzept bildet aber nur den ersten Schritt einer vollständigen BPMN-SBVR Integration, da die Elemente eines BPMN-Prozessmodells zu diesem Zeitpunkt zwar mit den BV-Objekten verknüpft sind, jedoch noch keine ausformulierten SBVR-Geschäftsregeln existieren. Dies wird erst im zweiten Schritt der dreistufigen Vorgehensmethodik erreicht [Skersys et al. 2012]:

#### 1. Erstellung und Synchronisation von BPMN-Prozessmodell und BV

Wie bereits erwähnt, kann ein Anwender selbst entscheiden, ob er mit der Erstellung des Prozessmodells oder des BV anfangen möchte. Auf Basis des beschriebenen Abbildungskonzepts werden BPMN-Elemente und BV im Hintergrund der Entwicklungsumgebung miteinander synchronisiert. An dieser Stelle wird der Anwender durch eine Autovervollständigungsfunktion unterstützt. Fügt er dem Prozessmodell

beispielsweise ein neues BPMN-Element hinzu, so wird ihm automatisch das passende SBVR-Gegenstück im VeTIS Editor vorgeschlagen.

### 2. Ergänzung des BPMN-Prozessmodells um SBVR-Geschäftsregeln

Wenn der Anwender auf die einzelnen Elemente des BPMN-Prozessmodells klickt, dann wird der VeTIS Editor in einem neuen Fenster geöffnet. Hier kann der Anwender auf Basis der bereits spezifizierten BV-Objekte entweder neue SBVR-Geschäftsregeln hinzufügen oder bestehende ändern.

### 3. Verifizierung des angereicherten BPMN-Prozessmodells

Der dritte Schritt ist dafür vorgesehen, das integrierte Prozessmodell gemeinsam mit einem Experten des entsprechenden Fachbereichs nochmals zu überprüfen.

## 4.5.2 Sicherheit

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Brucker et al. 2012]	SecureBPMN: Modeling and Enforcing Access Control Requirements in Business Processes	29
[Cherdantseva, Hilton und Rana 2012]	Towards SecureBPMN - Aligning BPMN with the Information Assurance and Security Domain	4

**Tabelle 4.9:** Relevante Arbeiten zum Thema Sicherheit, Stand 2014-09-16

Prozessorientierte Informationssysteme werden üblicherweise mithilfe von abstrakten Prozessmodellen spezifiziert [Brucker et al. 2012]. Diese Prozessmodelle müssen Organisations-, Informations- und Kommunikationsstrukturen detailliert abbilden. Die dadurch resultierende Komplexität führt zu diversen Sicherheitsrisiken, welche oftmals erst während der Ausführungsphase entdeckt werden [Rodríguez, Fernández-Medina und Piattini 2007]. Neben den hohen Kosten für die Eliminierung der identifizierten Sicherheitsmängel [Paja et al. 2012] sind die bereits entstandenen Negativfolgen meistens nicht mehr behebbar. Aus diesen Gründen müssen Sicherheitsaspekte in Geschäftsprozessen bereits während der Modellierungsphase berücksichtigt werden. Hierbei wären beispielsweise Business Analysten aufgrund ihres zusammenhängenden Organisationswissens dazu in der Lage, sicherheitsrelevante Bereiche im Prozessmodell zu markieren und durch erste Sicherheitsanforderungen anzureichern. Diesbezüglich kann es sich u.a. um die Zugriffsrechte für Anwender, Informationsflusskontrolle oder die Einhaltung von domänenspezifischen Richtlinien handeln. Die definierten Sicherheitsanforderungen könnten anschließend in der Ausführungsphase durch konkrete technische Maßnahmen implementiert werden [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012].

Zunächst präsentiert dieses Kapitel (Kap. 4.5.2) die zurzeit existierenden BPMN-Sicherheitsansätze und leitet darauf aufbauend Anforderungen für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept ab (Kap. 4.5.2.1). Als hierzu passende Gesamtlösung wird die BPMN-Erweiterung SecureBPMN [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012] vorgestellt (Kap. 4.5.2.2).

Das letzte Unterkapitel (4.5.2.3) geht schließlich noch darauf ein, wie ein solches Sicherheitskonzept in der Modellierungs- und Ausführungsphase durch eine Methodologie unterstützt werden kann.

#### 4.5.2.1 Anforderungen an ein ganzheitliches BPMN-Sicherheitskonzept

BPMN-Erweiterungen zur Beschreibung von Sicherheitsaspekten existieren bereits seit dem Jahr 2007. In diesem Jahr entwickeln [Rodríguez, Fernández-Medina und Piattini 2007] eine Erweiterung, mit der BPMN-Elemente um die fünf Sicherheitsanforderungen Nachweisbarkeit (non-repudiation), Erkennung von Schadangriffen (attack harm detection), Integrität (integrity), Vertraulichkeit (privacy) und Zugriffskontrolle (access control) ergänzt werden können.

Im Jahr 2008 präsentieren [Wolter, Menzel und Meinel 2008] ein umfassendes Sicherheitskonzept auf Grundlage von Sicherheitszielen, Sicherheitsbeschränkungen und Sicherheitsmechanismen. Die gewünschten Sicherheitsziele können durch Beschränkungen spezifiziert und durch entsprechende technische Sicherheitsmechanismen umgesetzt werden [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012].

Im Jahr 2012 entwerfen [Saleem, Jaafar und Hassan 2012] eine domänenspezifische Sprache (domain specific language), welche die Anreicherung von BPMN-Prozessmodellen um die Sicherheitsanforderungen Vertraulichkeit (confidentiality), Integrität (integrity) und Verfügbarkeit (availability) ermöglicht.

Die zurzeit verfügbaren BPMN-Erweiterungen erlauben zwar die Modellierung von diversen Sicherheitsanforderungen, orientieren sich jedoch nicht an einer einheitlichen Definition des Sicherheitsbegriffs. Während beispielsweise die Erweiterung von [Rodríguez, Fernández-Medina und Piattini 2007] die Beschreibung von fünf Sicherheitsanforderungen erlaubt, behandeln [Saleem, Jaafar und Hassan 2012] lediglich drei Anforderungen. Auch existiert in den Arbeiten der Autoren keine klare Abgrenzung zwischen den Begriffen Sicherheitsziel und Sicherheitsmechanismus. Zudem setzen existierende Erweiterungen an unterschiedlichen Sicherheitsebenen an. Dadurch ist es nur schwer möglich, abstrakte und konkrete Sicherheitsaspekte in einer konsistenten und ganzheitlichen Weise darzustellen [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012].

Ein weiterer Nachteil der vorgestellten Erweiterungen ist deren ausschließliche Betrachtung von technischen Sicherheitsaspekten. Im Rahmen von prozessorientierten Informationssystemen ist es jedoch unumgänglich, ebenso die organisatorische, menschliche und rechtliche Dimension einzubeziehen. In diesem Zusammenhang gebrauchen Cherdantseva, Hilton und Rana den Begriff Information Assurance & Security (IAS) [Cherdantseva und Hilton 2013]. Information Security beinhaltet die Entwicklung und Implementierung von multidimensionalen Sicherheitsmaßnahmen in Informationssystemen. Information Assurance beschäftigt sich mit der systematischen Verwaltung dieser Maßnahmen [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012].

Da Fachexperten oder Business Analysten mit detaillierten Sicherheitsaspekten häufig nicht vertraut sind, sei als letzte Anforderung für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept noch hinzuzufügen, dass die Sicherheitsmodellierung durch geeignete Methodologien vereinfacht werden soll [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012].

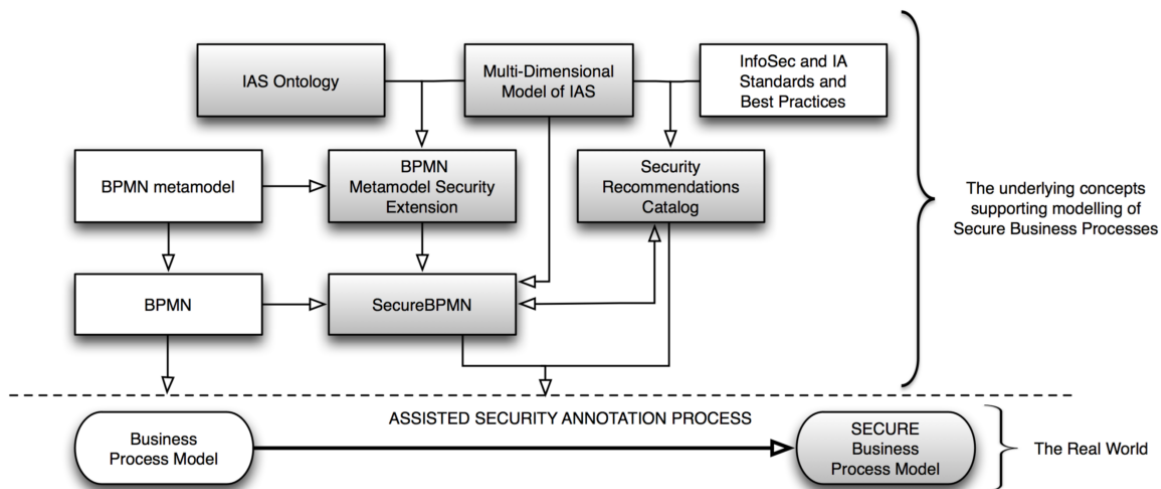
Somit lassen sich folgende vier Anforderungen für ein ganzheitliches BPMN-Sicherheitskonzept zusammenfassen:

1. Klar definierter Sicherheitsbegriff
2. Konsistenz zwischen den Sicherheitsebenen
3. Mehrdimensionale Betrachtung der Sicherheit
4. Methodische Unterstützung der Prozessmodellierung

### 4.5.2.2 SecureBPMN als Sicherheitskonzept

Auf Grundlage der Anforderungen für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept sowie dem bereits erläuterten Sicherheitsbegriff IAS (Kap. 4.5.2.1) entwerfen [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012] die BPMN-Erweiterung SecureBPMN. Bei dieser Erweiterung basiert die Modellierung von Sicherheitsaspekten auf einem umfangreichen Sicherheitskonzept (Abb. 4.9). Die wichtigsten Komponenten des Sicherheitskonzepts sollen nun grob erläutert werden [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012]:

- ◇ Die IAS Ontology beschreibt den Aufbau und die Zusammenhänge der IAS-Elemente Gegenstand (asset), Sicherheitsziel (security goal), Sicherheitsmechanismus (security mechanism), Bedrohung (threat), Schwachstelle (vulnerability) und Risiko (risk). Durch die Verknüpfung dieser Begriffe zu einer Ontologie wird auch der Oberbegriff Sicherheit präzisiert (1. klar definierter Sicherheitsbegriff).
- ◇ Das Multi-dimensional Model of IAS (MMIAS) fasst das IAS-Domänenwissen in einer kompakten und zusammenhängenden Weise zusammen. Es enthält Sicherheitsziele, Sicherheitsmechanismen, eine Informationstaxonomie zur Spezifizierung von Organisationsdaten und einen Lebenszyklus, welcher die konsistente Entwicklung eines Sicherheitskonzepts (2. Konsistenz zwischen den Sicherheitsebenen) ermöglicht. Die Sicherheitsziele des MMIAS werden dabei in eine technische, organisatorische, menschenorientierte und rechtliche Ebene unterteilt (3. mehrdimensionale Betrachtung der Sicherheit).
- ◇ Beim Security Recommendations Catalog handelt es sich um eine Wissensdatenbank, welche aus einer Reihe von bewährten Praktiken und Methoden der Sicherheitsmodellierung abgeleitet worden ist (4. methodische Unterstützung der Prozessmodellierung).



**Abbildung 4.9:** Grundlegendes Konzept von SecureBPMN, Quelle: [Cherdantseva, Hilton und Rana 2012]

#### 4.5.2.3 BPM-Methodologie für die Integration einer Sicherheitserweiterung

Nach Erläuterung der aktuellen BPMN-Sicherheitserweiterungen (Kap. 4.5.2.1 und Kap. 4.5.2.2) stellt sich die Frage, wie diese Erweiterungen in den BPM-Zyklus eingebunden werden können. Hierzu beschäftigen sich [Brucker et al. 2012] mit zwei spezifischen Problematiken:

- ◇ **Modellierungsphase:** Welche Modellierungswerkzeuge erleichtern die Verwendung der Sicherheitserweiterungen?
- ◇ **Ausführungsphase:** Mithilfe welcher IT-Architektur können die modellierten Sicherheitsanforderungen auf technischer Ebene umgesetzt werden?

Hinsichtlich dieser beiden Fragestellungen präsentieren [Brucker et al. 2012] eine Methodologie, die sich allgemeingültig auf die unterschiedlichen Sicherheitserweiterungen anwenden lässt.

Während der Modellierungsphase muss es möglich sein, die diversen Sicherheitsanforderungen eines BPMN-Prozessmodells durch passende Modellierungswerkzeuge zu spezifizieren. Da sich anspruchsvolle Sicherheitskonzepte jedoch nicht ausschließlich durch graphische Symbole umsetzen lassen, müssen Modellierungsumgebungen zusätzliche Anwendungskomponenten zur Verfügung stellen. So wäre es beispielsweise vorstellbar, dass ein Modellierer die Sicherheitsziele eines Prozessmodells lediglich mithilfe von einfachen Symbolen erarbeitet, eine detaillierte Zugriffskontrolle (access control) aber durch eine speziell zugeschnittene Anwendungsoberfläche beschreibt. Zur Demonstration dieser Idee erweitern Brucker et

al. den Activiti Eclipse Designer<sup>25</sup> um zusätzliche Modellierungsfenster. Dadurch können einfache Symbole wie beispielsweise Sicherheitsziele per Drag&Drop direkt aus einer Symbolpalette in das Prozessmodell gezogen werden. Die komplexe Zugriffskontrolle realisieren Brucker et al. durch ein zusätzliches Tabellenfenster, in dem die Rollen, Zugriffsrechte und die erlaubten Aktionen auf Grundlage des Prozessmodells definiert werden können [Brucker et al. 2012].

Für die Umsetzung der Sicherheitsanforderungen in der Ausführungsphase sollte berücksichtigt werden, dass moderne IT-Systeme häufig auf verteilten Architekturen basieren. Die einzelnen Anwendungen des verteilten Systems beruhen dabei meistens auf unterschiedlichen Konzepten und Technologien. Die hieraus resultierende Heterogenität erschwert die übergreifende Umsetzung und Koordinierung der Sicherheitsanforderungen. Hinsichtlich dieser Problematik schlagen Brucker et al. das modellgetriebene Sicherheitsparadigma [Basin, Clavel und Egea 2011] vor. Auf diese Weise können individuelle Artefakte (z.B. Quellcode oder Sicherheitskonfiguration) für die jeweiligen Anwendungen anhand des gemeinsamen Prozessmodells generiert werden [Brucker et al. 2012].

Brucker et al. erwähnen in ihrer Arbeit zwar auch die Überwachungsphase des BPM-Zyklus, liefern diesbezüglich aber keinen konkreten Lösungsvorschlag.

### 4.5.3 Business Activity Monitoring (BAM)

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Friedenstab et al. 2012]	Extending BPMN for Business Activity Monitoring	14

**Tabelle 4.10:** Relevante Arbeiten zum Thema Business Activity Monitoring, Stand 2014-09-16

Das Business Activity Monitoring (BAM) beinhaltet „Prozesse und Technologien, [...] welche die Analyse von Leistungskennzahlen auf Grundlage von Echtzeitdaten ermöglichen“ [Gartner 2013]. Das Ziel soll es dabei sein, die „Effektivität und Geschwindigkeit von Geschäftsabläufen zu verbessern“ [Gartner 2013]. Folglich stellt das BAM einen wesentlichen Bestandteil der Überwachungsphase (Kap. 2.2) dar.

Die benötigten BAM-Leistungskennzahlen werden aus den Ereignissen und Aktivitäten der Geschäftsprozessausführung zusammengesetzt und anschließend in aggregierter Form durch Dashboards visualisiert. Somit setzt sich die Entwicklung eines BAM-Modells aus den drei Komponenten Prozessmodellierung, Kennzahlen- und Dashboard-Spezifikation zusammen [Friedenstab et al. 2012]. Um das BAM auf Grundlage von BPMN realisieren zu können, entwickeln [Friedenstab et al. 2012] eine BPMN-Erweiterung, mit der diese drei Komponenten in einem ganzheitlichen Modell integriert werden können.

Zunächst werden die einzelnen Metamodellelemente der BPMN-Erweiterung vorgestellt (Kap. 4.5.3.1) und deren Funktionsweisen anschließend anhand eines beispielhaften BAM-Modells (Kap. 4.5.3.2) verdeutlicht.

<sup>25</sup><http://www.activiti.org/userguide/#activitiDesigner>

#### 4.5.3.1 Metamodell der BPMN-Erweiterung für das BAM

Die Funktionsweisen und Zusammenhänge der BAM-Metamodellelemente sollen nun grob erläutert werden [Friedenstab et al. 2012]:

- ◇ Duration  
Bei dem Element Duration handelt es sich um eine Basiskennzahl, mit welcher die zeitliche Dauer von Aktivitäten, Prozessbereichen oder Prozessen gemessen werden kann. Ein Prozessbereich (process section) lässt sich definieren, indem ein Teil eines Prozessmodells mithilfe einer Start- und Endmarkierung eingegrenzt wird.
- ◇ Frequency  
Während der Prozessausführung muss die Häufigkeit von Ereignissen quantitativ erfasst werden können. Hierzu steht das Element Frequency zur Verfügung, mit dem sich spezifische Ereignisse in Prozessen und Aktivitäten sowie Datenzustände zählen lassen. Hinsichtlich einer Prozessoptimierung könnte bspw. untersucht werden, wie oft ein Prozess im Laufe seiner Ausführung unterbrochen wird.
- ◇ Composed Basic Measure  
Die beiden Basiskennzahlen Duration und Frequency können mithilfe von arithmetischen Operatoren (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division) zum komplexeren Element Composed Basic Measure zusammengesetzt werden.
- ◇ Aggregated Measure  
Das Element Aggregated Measure aggregiert die Leistungskennzahlen mehrerer Prozessinstanzen (z.B. Durchlaufzeit einer Prozessinstanz) zu einer gemeinsamen Leistungskennzahl (z.B. durchschnittliche Durchlaufzeit des Prozesses). Diese Aggregation kann auf Grundlage diverser Funktionen (Minimum, Maximum, Durchschnitt, Summe, Standardabweichung oder Zählen) durchgeführt werden.
- ◇ Filter  
Die betrachtete Menge an Kennzahlen auf Prozessinstanzebene kann mithilfe von Filtern eingeschränkt werden. Ein Filter basiert dabei entweder auf einem Eingabelimit (z.B. nur die ersten zehn Prozessinstanzen) oder auf einer Bedingung (z.B. nur die erfolgreich beendeten Prozessinstanzen).
- ◇ Target Definition  
Der Wertebereich einer Leistungskennzahl kann durch eine Target Definition (Zieldefinition) eingegrenzt werden. So lässt sich bspw. definieren, dass zeitlich nur die Aktivitäten gemessen werden sollen, deren Ausführungsdauer nicht länger als 24 Stunden beträgt.
- ◇ Action  
Wenn eine Target Definition wertmäßig unter- oder überschritten wird, kann dieses Ereignis durch eine entsprechende Action (Aktion) kompensiert werden. Hierbei kann es sich entweder um die Benachrichtigung der zuständigen Person oder um eine Folgeaktion im Prozess (z.B. Unterbrechung des Prozesses) handeln.



Die graphischen Symbole der BAM-Metamodellelemente werden zu einem Großteil im nun folgenden Beispiel (Kap. 4.5.3.2) verwendet. Für die Aufzählung aller graphischen BAM-Symbole sei jedoch auf [Friedenstab et al. 2012] verwiesen.

### 4.5.3.2 Anwendungsbeispiel für das BAM

Abbildung 4.10 veranschaulicht die Verknüpfung eines BPMN-Prozessmodells und der BPMN-Erweiterung für das BAM. Das Prozessmodell beschreibt einen Fertigungsprozess, der durch eine Kundenbestellung aktiviert wird. Nach Untersuchung der Bestelldaten wird entschieden, ob die Bestellung vom Unternehmen bearbeitet werden kann. Ist dies der Fall, wird dem Kunden eine Bestellungsbestätigung gesendet. Anschließend wird die Bestellung vom Unternehmen bearbeitet. Das erstellte Produkt wird dem Kunden schließlich per Standard- oder Express-Sendung geliefert. Das Fertigungsunternehmen benötigt nun ein BAM-Modell, welches auf Grundlage des Prozessmodells folgende drei Leistungskennzahlen ermitteln soll [Friedenstab et al. 2012]:

1. *Durchschnittliche Durchlaufzeit*

Das gewünschte BAM-Modell soll die durchschnittliche Durchlaufzeit des Gesamtprozesses bestimmen. Abgebrochene Prozessinstanzen sollen hierbei nicht beachtet werden. Überschreitet eine Prozessinstanz die Durchlaufzeit von 48 Stunden, soll das BAM-Modell gewährleisten, dass das Produkt per Express-Sendung geliefert wird.

2. *Prozentualer Anteil des internen Prozesses an der gesamten Durchlaufzeit*

Das Unternehmen möchte ebenfalls den prozentualen Anteil des internen Teilprozesses (von „Analyze order“ bis „Process order“) an der Durchlaufzeit des gesamten Fertigungsprozesses ermitteln.

3. *Durchlaufzeit der letzten 50 Prozessinstanzen*

Um den aktuellen Status des Fertigungsprozesses überblicken zu können, soll die jeweilige Durchlaufzeit der 50 zuletzt ausgeführten Prozessinstanzen ermittelt werden.

Um mithilfe der BPMN-Erweiterung von Friedenstab et al. ein zusammenhängendes BAM-Modell entwerfen zu können, müssen zunächst die Basiskennzahlen ausgewählt und mit den zugehörigen Prozessmodellelementen verknüpft werden. Diese Basiskennzahlen werden dann zu komplexeren Kennzahlen zusammengesetzt und gegebenenfalls mit Filtern angereichert. Auch werden möglicherweise Zieldefinitionen für die Leistungskennzahlen und die hierzu passenden Kompensationsfunktionen benötigt. Die ermittelten Leistungskennzahlen werden schließlich in Dashboards präsentiert. Für jeden dieser Teilschritte müssen auch die passenden graphischen BAM-Symbole gewählt und logisch miteinander verknüpft werden [Friedenstab et al. 2012].

Bei den Leistungskennzahlen des Beispiels handelt es sich in allen drei Fällen um eine Zeitdauer (siehe Uhrensymbol in Abb. 4.10). Somit basieren sie auf dem BAM-Element Duration (siehe a, b und c in Abb. 4.10). Die Pfeile in der Abbildung beschreiben die sukzessive Zusammensetzung der benötigten Leistungskennzahlen.

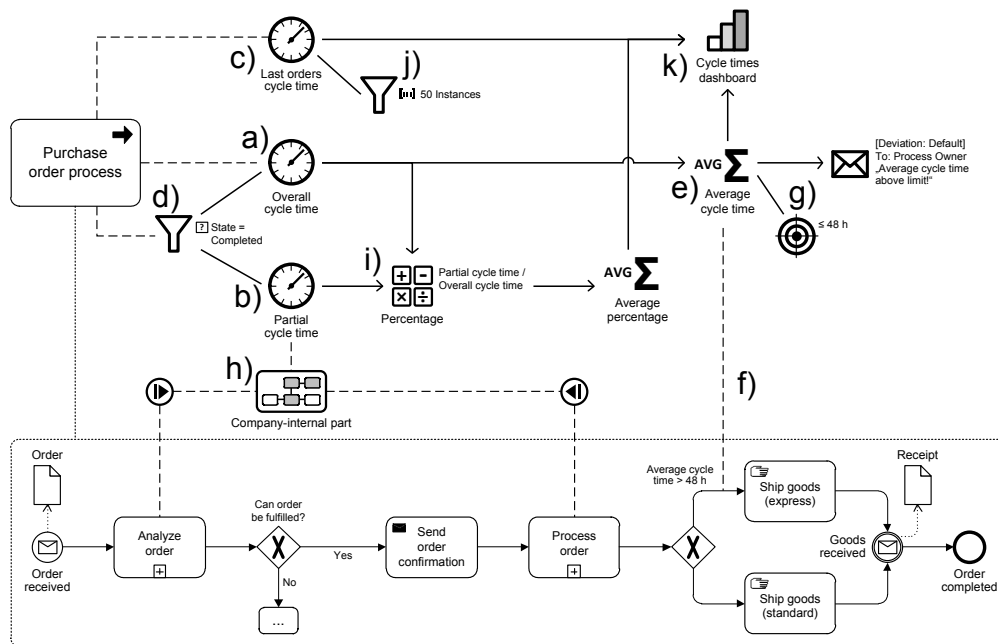


Abbildung 4.10: Beispiel eines BAM-Modells, vgl. [Friedenstab et al. 2012]

Kennzahl 1 (durchschnittliche Durchlaufzeit) misst die Zeitdauer des Gesamtprozesses und wird daher mit dem übergeordneten Prozesselement „Purchase order process“ verbunden. Da nur erfolgreich beendete Prozessinstanzen bei der Messung berücksichtigt werden sollen, ist Kennzahl 1 ebenfalls mit dem Filter State=„completed“ (d) verknüpft. Alle ermittelten Gesamtdurchlaufzeiten der Prozessinstanzen werden mithilfe der Durchschnittsfunktion (e) aggregiert. Wenn eine Prozessinstanz die Zeitdauer von 48 Stunden überschreitet, wird das Produkt per Express-Versand geliefert (f) und der Prozessbesitzer über diese Überschreitung informiert (g). Somit ist das BAM-Modell bei Bedarf dazu in der Lage, den Kontrollfluss des Prozesses zu steuern. Kennzahl 2 (prozentualer Anteil des internen Prozesses an der gesamten Durchlaufzeit) wird mit demselben Filter (d) wie Kennzahl 1 verknüpft, bezieht sich jedoch nur auf den unternehmensinternen Teilprozess (h). Der prozentuale Anteil von Kennzahl 2 an der gesamten Durchlaufzeit, also an Kennzahl 1, wird über eine Divisionsrechnung (i) ermittelt. Im Gegensatz zu Kennzahl 1 und 2 wird Kennzahl 3 (Durchlaufzeit der letzten 50 Prozessinstanzen) nicht auf Prozessebene aggregiert. Denn die Durchlaufzeiten der letzten 50 Prozessinstanzen werden mithilfe eines Filters (j) jeweils einzeln bestimmt. Im letzten Schritt des BAM-Modells werden die drei Kennzahlen in einem Dashboard (k) ausgegeben [Friedenstab et al. 2012].

Es lässt sich zusammenfassen, dass Friedenstab et al. eine benutzerfreundliche BPMN-Erweiterung für die Entwicklung von BAM-Modellen präsentieren. So kann der Modellierer den Zusammenhang der drei Abstraktionsebenen Prozessmodell, Kennzahlen und Dashboard auf eine intuitive Weise darstellen. Allerdings bietet die BPMN-Erweiterung keine Möglichkeit, eine ausführbare Anwendung anhand eines BAM-Modells zu generieren. Außerdem erlauben die BAM-Elemente lediglich die Spezifikation von grundlegenden

Kennzahlentypen. Spezifische Kennzahlen, beispielsweise aus der Finanzdomäne, lassen sich nicht definieren [Friedenstab et al. 2012].

### 4.5.4 Social BPM

Autoren und Jahr	Titel	Zitierungen
[Brambilla, Fraternali und Vaca 2012]	BPMN and Design Patterns for Engineering Social BPM Solutions	27
[Brambilla, Fraternali und Vaca 2012]	Combining Social Web and BPM for Improving Enterprise Performances: The BPM4People Approach to Social BPM	15
[Scekic, Truong und Dustdar 2012]	Modeling Rewards and Incentive Mechanisms for Social BPM	9

**Tabelle 4.11:** Relevante Arbeiten zum Thema Social BPM, Stand 2014-09-16

Das Social BPM basiert auf Erweiterung des traditionellen BPM-Ansatzes um die organisatorischen und technischen Aspekte von sozialen Netzwerken. Dabei kann es sich um typische Funktionalitäten sozialer Plattformen wie die gemeinsame Erstellung von Dokumenten, Forendiskussionen oder Abstimmungen handeln. Ziel des Social BPM ist die Verbesserung und Flexibilisierung von Wissensaustausch, Kommunikation und Kollaboration in einer Organisation. Weiterhin können die Kreativität und Eigeninitiative der Mitarbeiter als auch die kollektive Intelligenz der Organisation gesteigert werden [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012,2012].

Das erste Unterkapitel (Kap. 4.5.4.1) soll zunächst das Potenzial des Social BPM beleuchten. Im zweiten Unterkapitel (Kap 4.5.4.2) wird eine ganzheitliche Social BPM Methodologie auf Grundlage der BPMN-Erweiterung Social BPMN erläutert. Als letztes werden die Herausforderungen (Kap. 4.5.4.3) untersucht, welche bei der Umsetzung einer Social BPM Strategie auftreten können.

#### 4.5.4.1 Potenzial des Social BPM

Im traditionellen BPM (Kap. 2.2) werden Organisationsabläufe mithilfe von detaillierten Prozessmodellen spezifiziert. Hierbei wird bestimmt, welche Person zu welchem Zeitpunkt eine bestimmte Aufgabe ausführen muss. Oftmals ist es jedoch der Fall, dass diese Prozessmodelle während ihrer Ausführung von Mitarbeitern nicht (vollständig) befolgt und stattdessen durch eigens optimierte Prozesse ersetzt werden. Erol et al. sprechen in diesem Zusammenhang von einer Kluft zwischen Modell und Realität (model-reality divide) [Erol et al. 2010].

Weiterhin erschweren die Restriktionen des traditionellen BPM die flüssige Weitergabe und Verteilung von relevantem Organisationswissen. So würde ein Mitarbeiter seine Verbesserungsvorschläge möglicherweise zurückhalten, sollte er diese innerhalb der definierten

Geschäftsprozesse nicht in geeigneter Weise an Kollegen und Vorgesetzte weitergeben können. Dieser Umstand kann wiederum zu einem deutlichen Innovationsverlust in der Organisation führen [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012; Erol et al. 2010].

Im Gegensatz dazu erlaubt es das Social BPM, informelles Organisationswissen flexibel in bestehende Geschäftsprozesse einzubinden. Die Verknüpfung der beiden BPM-Ansätze würde es ermöglichen, die zentrale Organisationssteuerung des traditionellen BPM mit den Vorteilen des Social BPM zu vereinen.

#### 4.5.4.2 Social BPMN

[Brambilla, Fraternali und Vaca 2012] entwickeln eine BPMN-Erweiterung namens Social BPMN sowie ein dazugehöriges technisches Rahmenwerk, die zu einer ganzheitlichen Social BPM Methodologie verknüpft werden können. Hierzu erweitern sie zunächst das BPMN-Metamodell um eine Vielzahl von sozialen Aktivitäten. So können beispielsweise Nachrichten an Benutzer verschickt (social broadcast) und Einladungen zur Teilnahme an sozialen Gruppenaktivitäten versendet (dynamic enrolment) werden.

Den Startpunkt der Social BPM Methodologie bildet die Optimierungsphase, in der ein Anwender entscheiden kann, welche sozialen Ziele erreicht werden sollen. Beispielsweise könnte eine konkrete Social BPM Strategie darauf abzielen, die Wissensverteilung zu fördern, Geschäftsprozesse transparenter zu gestalten oder soziales Feedback von externen Stakeholdern einzuholen [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012].

Während der Modellierungsphase stellt sich dem Anwender nun die Frage, wie die bereitstehenden Social BPMN-Elemente auf bestmögliche Weise verknüpft werden können. Diese Entscheidung wird durch Brambilla, Fraternali und Vaca vereinfacht, indem sie die sozialen Elemente zu unterschiedlichen Social Design Pattern zusammensetzen. Diese Pattern stellen wiederverwendbare Lösungsschablonen dar, mit denen charakteristische Anforderungen des Social BPM modelliert werden können. Beispielsweise erlaubt das Poll-Pattern (Umfrage-Pattern, Abb. 4.11), eine Fragestellung in einem sozialen Netzwerk zu veröffentlichen und externe Stakeholder über eine Umfragefunktionalität daran teilnehmen zu lassen [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012].

In der Implementierungsphase kann sich der Modellierer anhand seines erstellten BPMN-Prozessmodells die zugehörige Social BPM Anwendung in Form einer Java Enterprise Edition (Java EE)<sup>26</sup> Webanwendung generieren lassen. Für diese Transformation wird das Entwicklungswerkzeug WebRatio<sup>27</sup> verwendet, welches das Prozessmodell zunächst in ein Web Modeling Language (WebML)<sup>28</sup>-Format und schließlich in die gewünschte Java EE Webanwendung überführt. Das WebML-Format erlaubt es dem Modellierer, die Informationsarchitektur der Webanwendung auf ausführliche Weise zu spezifizieren [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012].

Zur Unterstützung der Überwachungsphase definieren Brambilla, Fraternali und Vaca mehrere BPMN-Ereignisse, mit denen Beziehungen und Interaktionen in sozialen Plattformen

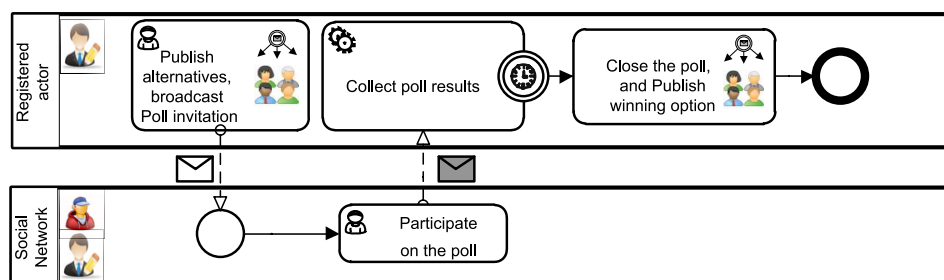
<sup>26</sup><http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/index.html>

<sup>27</sup><http://www.webratio.com>

<sup>28</sup><http://www.webml.org>

aggregiert und überwacht werden können. Beispielsweise wird ein Ereignis ausgelöst, wenn zwei Mitglieder einer sozialen Plattform eine neue Beziehung eingehen [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012].

In der Arbeit von Brambilla, Fraternali und Vaca werden diverse Lösungsbausteine zu einer ganzheitlichen Social BPM Methodologie verknüpft. Die drei Autoren vereinfachen die organisatorische und technische Umsetzung einer konkreten Social BPM Strategie, indem sie auf alle Phasen des Social BPM als auch auf deren Schnittstellen eingehen. Beispielsweise halten sie in einer Tabelle [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012] fest, welche sozialen Ziele mithilfe welcher Social Design Pattern erreicht werden können. Dadurch wird dem Modellierer der konkrete Mehrwert der Social BPMN-Erweiterung direkt ersichtlich. So kann er die angebotenen sozialen Ansätze mühelos in eigene BPMN-Prozessmodelle integrieren.



**Abbildung 4.11:** Das Poll-Pattern, vgl. [Brambilla, Fraternali und Vaca 2012]

### 4.5.4.3 Herausforderungen des Social BPM

Obwohl das Social BPM diverse Vorteile mit sich bringt (Kap. 4.5.4.1), müssen die möglichen Herausforderungen bei der Umsetzung dieses Konzepts berücksichtigt werden. So stellt sich zunächst die Frage, wie Mitarbeiter von der Idee des Social BPM überzeugt werden können. Schließlich impliziert die Teilnahme an sozialen Aktivitäten einen deutlichen Mehraufwand. In diesem Zusammenhang präsentieren [Scekic, Truong und Dustdar 2012] einen Lösungsansatz, welcher die Zusammensetzung von individuellen Anreiz- und Belohnungsmechanismen für soziale Aktivitäten ermöglicht.

Allerdings können bestärkende Anreize zur Teilnahme am Social BPM schnell zu einer Informationsüberladung (information overload) und damit zu einer Überforderung der Mitarbeiter führen. Deshalb kann es für den Einzelnen als auch für die Organisation als Ganzes zur Herausforderung werden, die sozialen Aktivitäten zu koordinieren sowie deren Nutzen objektiv einzuschätzen [Erol et al. 2010]. Folglich hat die Organisationsführung die wichtige Aufgabe, soziale Aktivitäten mithilfe von übergeordneten Strukturen zu koordinieren und deren Effektivität durch passende Leistungskennzahlen (Kap. 4.5.3) zu überwachen.

Ebenso muss beachtet werden, dass nur ein Teil der Geschäftsprozesse vom Social BPM profitieren kann. Viele Organisationsabläufe lassen sich nach wie vor am besten durch klassische Prozessmodelle abbilden [Erol et al. 2010]. Eine geeignete Gesamtlösung müsste deshalb die Ansätze des traditionellen und sozialen BPM bestmöglich vereinen. Brambilla,

Fraternali und Vaca liefern jedoch keine Methode, mit der die Wirksamkeit von traditionellen und sozialen Lösungsstrategien gegeneinander abgewägt werden kann.

## 4.6 Zusammenfassung und Fazit

Dieses Hauptkapitel (Kap. 4) verdeutlicht den aktuellen Stand der BPMN-Forschung auf Grundlage eines Leitkonzepts (Kap. 4.1.4). Nach einer kurzen Anknüpfung an die theoretischen Grundlagen (Kap. 4.2) der vergangenen BPMN-Forschung werden im daran anschließenden Kapitel (Kap. 4.3) das BPM Repository sowie die darauf aufbauenden Anwendungen der Prozessmodellierung erarbeitet. Das Kapitel Datenmodellierung (Kap. 4.4) beschreibt, wie BPMN-Prozessmodelle um komplexe Datenkonzepte ergänzt werden können. In Kapitel (Kap. 4.5) werden diverse BPMN-Erweiterungen präsentiert, welche die Durchführung einer Business Analyse auf Grundlage von Prozessmodellen ermöglichen.

Die inhaltliche Analyse der gegenwärtigen BPMN-Forschung macht deutlich, dass aktuelle Forschungsarbeiten oftmals keine klare Abgrenzung zwischen den Themen BPMN, Prozessmodellierung und BPM besitzen (Kap. 4.1.2). So ermöglichen aktuelle BPMN-Erweiterungen beispielsweise die Modellierung von diversen Organisationskonzepten (u.a. Kap 4.5.4.2), unterstützen aber auch die nachgelagerten Phasen des BPM-Zyklus.

Der Vergleich von vergangener und gegenwärtiger BPMN-Forschung zeigt auf, dass aktuelle wissenschaftliche Arbeiten vielfältige Schnittstellen zu benachbarten Forschungsgebieten wie Geschäftsregeln, IT-Sicherheit oder Social BPM aufweisen. Während sich die vergangene Forschung größtenteils mit den spezifischen Funktionalitäten der BPMN-Elemente auseinandersetzt, fokussieren sich gegenwärtige Forschungsaktivitäten auf die Verknüpfung von BPMN mit angrenzenden Forschungsgebieten. Dieser Entwicklungstrend führt allerdings auch zu einer fragmentierten BPMN-Forschung mit vielen kleinen Unterthemen.



# Kapitel 5

## Zukünftige BPMN-Forschung

In diesem Hauptkapitel (Kap. 5) sollen potenzielle Themengebiete der zukünftigen BPMN-Forschung identifiziert und dargestellt werden.

### 5.1 Einführung

#### 5.1.1 Leitziele

Die Vorgehensmethodik zur Anfertigung dieses Hauptkapitels (Kap. 5) soll sich an folgenden Leitzielen orientieren:

- ◇ **Schaffung einer umfassenden Wissensbasis für vertiefende Analysen**  
Dieses Hauptkapitel (Kap. 5) soll so angelegt sein, dass diverse vertiefende Analysen darauf aufbauen können. Aus diesem Grund besitzt dieses Hauptkapitel (Kap. 5) im Vergleich zur vergangenen (Kap. 3) und gegenwärtigen (Kap. 4) BPMN-Forschung eine höhere inhaltliche Breite und geringere inhaltliche Tiefe.
- ◇ **Erschließung der zukünftigen BPMN-Forschung auf Grundlage der bisherigen BPMN-Literatur**  
Die Ansätze für zukünftige BPMN-Forschungsthemen sollen auf den wissenschaftlichen Arbeiten der bisherigen Forschung aufbauen. Dadurch wird eine flüssige Überleitung zur zukünftigen BPMN-Forschung ermöglicht.
- ◇ **Mehrdimensionale Betrachtung der zukünftigen BPMN-Forschung**  
Zukünftige Anforderungen an BPMN sind zwangsläufig an die zukünftigen inhaltlichen Entwicklungen der beiden übergeordneten Themengebiete Prozessmodellierung und BPM gekoppelt. Deshalb sollen neben naheliegenden BPMN-Forschungsthemen auch die Makrotrends der Prozessmodellierung und des BPM berücksichtigt werden. Die ganzheitliche Betrachtung der Forschungsgebiete BPMN, Prozessmodellierung und BPM erlaubt die Ableitung von realistischen und aussagekräftigen Zukunftshypothesen.



### 5.1.2 Vorgehensmethodik

Die inhaltliche Erschließung der zukünftigen BPMN-Forschung und die dazugehörige Literaturrecherche soll mithilfe von drei Vorgehensansätzen durchgeführt werden:

1. **Umfassende Analyse der bisherigen BPMN-Literatur**

Die wissenschaftlichen Arbeiten der bisherigen BPMN-Forschung sollen hinsichtlich offener Problemstellungen, Verbesserungsmöglichkeiten und zukünftiger Forschungsvorhaben analysiert werden.

2. **Betrachtung verfügbarer Zukunftsliteratur zu den Themen BPMN und Prozessmodellierung**

Die bisher behandelte BPMN-Literatur soll um weitere wissenschaftliche Arbeiten ergänzt werden, welche die zukünftigen Herausforderungen und Fragestellungen der BPMN- und Prozessmodellierungsforschung erörtern. Diese zusätzliche Literatur kann dabei helfen, gebildete Zukunftshypothesen zu verifizieren sowie ein umfassenderes Bild der zukünftigen BPMN- und Prozessmodellierungsforschung zu erhalten.

3. **Durchführung einer BPM-Umgebungsanalyse**

Potenzielle zukünftige BPM-Entwicklungen sollen auf Grundlage einer Umgebungsanalyse abgeleitet werden. Im Gegensatz zu den ersten beiden Vorgehensansätzen basiert eine BPM-Umgebungsanalyse auf einer abstrakteren Makroperspektive, erlaubt hierdurch aber auch die Schlussfolgerung von weitreichenden Zukunftsprognosen.

### 5.1.3 Auswahl der Zukunftsforschungsmethoden

Grundsätzlich muss beachtet werden, dass die Ermittlung von zukünftigen Entwicklungen teilweise auf subjektiven Annahmen basiert und daher nicht zwangsläufig richtig sein muss. Dennoch können realistische Zukunftsszenarien mithilfe von passenden Zukunftsforschungsmethoden abgeleitet werden.

Dieses Hauptkapitel (Kap. 5) basiert auf der Grundidee, anhand von aktuellen Problematiken und Trends in den Bereichen BPMN, Prozessmodellierung und BPM auf zukünftig relevante Themenpunkte zu schließen. Dieses Prinzip wird in der Zukunftsforschung mithilfe der beiden Methoden Umgebungsabtastrung (environmental scanning) und Überwachung (monitoring) umgesetzt. Während die Überwachung eine „gerichtete Beobachtung bestimmter Frühwarnindikatoren“ [Horx 2014] beinhaltet, handelt es sich bei der Umgebungsabtastrung um „die ungerichtete Suche nach Hinweisen für einflussreiche Entwicklungen“ [Horx 2014]. Die ersten beiden Vorgehensansätze (Kap. 5.1.2) für dieses Hauptkapitel (Kap. 5) basieren jeweils auf einer Kombination von Umgebungsabtastrung und Überwachung und lassen sich deshalb keiner spezifischen Methode zuordnen. Die BPM-Umgebungsanalyse beruht jedoch eindeutig auf der Umgebungsabtastrung.

### 5.1.4 Gliederung

Die drei Kapitel der zukünftigen BPMN-Forschung (Kap. 5.2 - Kap. 5.4), welche aus der Umsetzung der Vorgehensmethodik resultieren (Kap. 5.1.2), basieren jeweils auf unterschiedlichen Analyseperspektiven und verfolgen somit auch individuelle Ziele:

**Kapitel 5.2** leitet anhand der bisherigen BPMN-Literatur konkreten und direkt erkennbaren Handlungsbedarf für die zukünftige BPMN-Forschung ab.

**Kapitel 5.3** analysiert die bisherigen Aktivitäten der BPMN- und Prozessmodellierungsforschung aus einer übergeordneten Perspektive. Hierdurch sollen mögliche Verbesserungsansätze für die zukünftige Forschung abgeleitet werden. So werden im ersten Unterkapitel (Kap. 5.3.1) konkrete Beispiele für eine integrative und koordinierte BPMN-Forschung dargestellt. Im zweiten Unterkapitel (Kap. 5.3.2) wird untersucht, wie sich die unterschiedlichen Interessen von Stakeholder-Gruppen auf die BPMN- und Prozessmodellierungsforschung auswirken.

**Kapitel 5.4** beleuchtet das zukünftige Potenzial des BPM sowie den damit verbundenen Handlungsbedarf für die Forschung. Es wird analysiert, welche aktuellen IT-Kerntechnologien das zukünftige BPM und somit auch die Prozessmodellierung und BPMN entscheidend beeinflussen können. Obwohl in diesem Kapitel (Kap. 5.4) keine konkreten BPMN-Forschungsrichtungen erarbeitet werden, erhält der Leser ein prägnantes Bild von zukünftig denkbaren BPM-Makroentwicklungen und kann auf dieser Grundlage die zukünftigen Einflussfaktoren auf Graphen-basierende Modellierungssprachen wie BPMN besser einschätzen.

## 5.2 Anknüpfung an die bisherige BPMN-Forschung

Die wissenschaftlichen Arbeiten der bisherigen BPMN-Forschung enthalten diverse Problematiken und Verbesserungsmöglichkeiten, an denen die Folgeforschung in naher Zukunft anknüpfen kann. In diesem Kapitel (Kap. 5.2) sollen deshalb die Evaluation (Kap. 5.2.1), die Anwendungsmöglichkeiten des BPM Repository (Kap. 5.2.2) und die Business Analyse (Kap. 5.2.3) hinsichtlich zukünftiger Forschungsansätze beleuchtet werden.

### 5.2.1 Evaluation

Ein Großteil der bisherigen BPMN-Evaluation basiert auf der Verwendung von theoretischen Rahmenwerken (Kap. 3.2.1). Jedoch besitzt auch die empirische BPMN-Evaluation (Kap. 3.2.2) ein hohes Potenzial, welches bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig erschlossen worden ist. Obwohl erste Lösungsansätze existieren, können diese optimiert und weiter ausgeführt werden.

Die bisherigen Forschungsergebnisse der empirischen BPMN-Evaluation beruhen ausschließlich auf der Analyse von bereits erstellten Prozessmodellen. Da sich Anwenderproblematiken während der eigentlichen BPMN-Prozessmodellierung oftmals besser bemerkbar machen,

bieten Echtzeit-Analysen eine interessante Alternative. Beispielsweise ist es vorstellbar, dass Modellierer unterschiedlichen Expertenwissens im Rahmen einer Forschungsstudie die Aufgabe erhalten, ein spezifisches BPMN-Prozessmodell zu erstellen. Hierbei kann es eine Echtzeit-Analyse ermöglichen, zeitkritische Modellierungsaspekte und vom Modellierer zunächst falsch verwendete BPMN-Elemente zu identifizieren. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen können BPMN-basierende Prozessmodellierungsleitfäden und Schulungsseminare verbessert werden.

Einen weiteren interessanten Themenpunkt der zukünftigen BPMN-Forschung bietet die Evaluation von BPMN in Kombination mit komplementären Modellierungssprachen. So wird die ganzheitliche Modellierung von immer komplexer werdenden Organisationsstrukturen in der Zukunft eine entscheidende Rolle spielen. Ein bereits erforschtes Beispiel wäre die Verknüpfung von BPMN und Geschäftsregeln (Kap. 4.5.1). Da sich BPMN auf die Modellierung von prozeduralen Abläufen fokussiert, müssen ergänzende Modellierungssprachen zur Entwicklung von ganzheitlichen Organisationskonzepten herangezogen werden. In diesem Zusammenhang kann die Evaluation dabei helfen, ganzheitliche Methodologien auf Grundlage analytischer Rahmenwerke und empirischer Analysen (siehe [Eid-Sabbagh et al. 2012]) zu entwickeln und zu bewerten.

Weitere, noch zu erforschende Fragestellungen der BPMN-Evaluation werden u.a. in den Arbeiten [Zur Muehlen und Recker 2008] und [Recker 2010] erläutert.

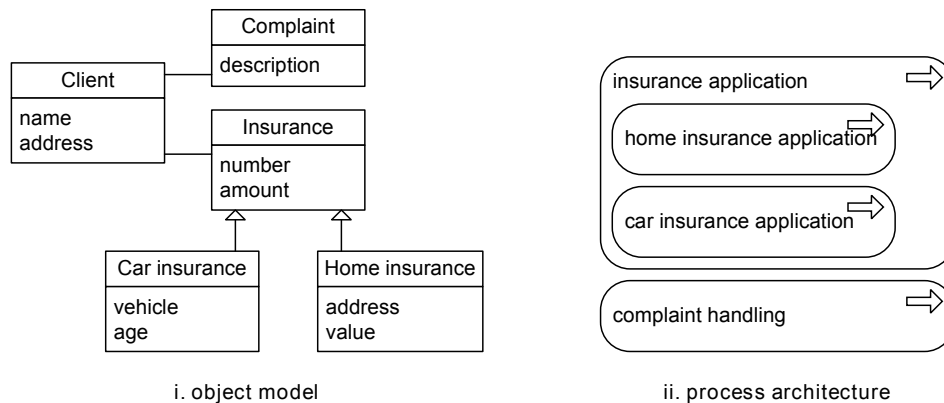
### 5.2.2 Anwendungsmöglichkeiten des BPM Repository

Obwohl das BPM Repository in bisherigen Forschungsbemühungen bereits ausführlich behandelt worden ist (Kap. 4.3.1.1), bergen die Prozessmodellsammlungen des BPM Repository noch zu erforschende Anwendungsmöglichkeiten. Entsprechende Lösungsansätze müssten dabei vor allem in der Lage sein, die stetig wachsende Menge an Prozessmodellen auf skalierbare Weise zu verwalten um somit die Prozessmodellierung zu vereinfachen. In diesem Zusammenhang identifizieren Dijkman, La Rosa und Reijers acht unterschiedliche Forschungsbereiche (Kap. 4.3.1.1), von denen an dieser Stelle nur die Verwaltung von Prozessmodellsammlungen (collection organization) hinsichtlich zukünftiger Forschungsaspekte analysiert werden soll. Das Zukunftspotenzial der restlichen sieben Forschungsbereiche wird in [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012] beleuchtet.

Zur Verwaltung von Prozessmodellsammlungen beschäftigt sich die aktuelle Forschung hauptsächlich mit der Frage, wie die Navigation und Suche in Prozessmodellsammlungen durch passende Übersichtsstrukturen verbessert werden kann. Die hierfür benötigte Ordnung der Prozessmodelle wird aus den Beziehungen abgeleitet, welche die Prozessmodelle untereinander eingehen. Diesbezüglich handelt es sich u.a. um Aggregationen (is-part-of), Generalisierungen (is-a) oder 1:n-Relationen [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012].

Ein Lösungskonzept zur Verwaltung und Darstellung solcher Prozessmodellbeziehungen bietet die Geschäftsprozessarchitektur. Der Aufbau einer Geschäftsprozessarchitektur kann auf Grundlage diverser Entwurfsansätze wie beispielsweise Ziel-, Objekt-, oder Funktion-basierender Perspektiven angeordnet werden. Weiterhin stellt eine Geschäftsprozessarchitektur einen methodischen Leitfaden zur Verfügung, welcher bei der Prozessmodellverwaltung vom Anwender befolgt werden sollte [Dijkman, Vanderfeesten und Reijers 2011].

Abbildung 5.1 veranschaulicht das Beispiel einer Objekt-basierenden Geschäftsprozessarchitektur. Hierbei entwirft der Anwender zunächst ein Klassendiagramm (linker Teil der Abbildung), welches die Geschäftsobjekte einer Prozessmodellsammlung strukturiert. Anhand dieser Objektstruktur ordnet er anschließend die einzelnen Prozessmodelle an. Beispielsweise bilden die Prozessmodelle der Autoversicherungsanwendung (car insurance application) eine Unterkomponente der Versicherungsanwendung (insurance application), da auch das Geschäftsobjekt Autoversicherung (Car insurance) eine Unterklasse des Objekts Versicherung (Insurance) darstellt [Dijkman, Vanderfeesten und Reijers 2011].



**Abbildung 5.1:** Beispiel einer Objekt-basierenden Prozessarchitektur, Quelle: [Dijkman, Vanderfeesten und Reijers 2011]

Eine von [Dijkman, Vanderfeesten und Reijers 2011] durchgeführte empirische Studie macht allerdings deutlich, dass Anwender bei der Implementierung von Geschäftsprozessarchitekturen keine spezifischen Entwurfsansätze bevorzugen. Vielmehr wollen sie verschiedene Ansätze entsprechend ihrer Bedürfnisse kombinieren. Als zukünftiger Forschungsschwerpunkt bietet sich deshalb an, individuelle Entwurfsansätze für Geschäftsprozessarchitekturen sowie die dazugehörigen Leitfäden automatisch anhand spezifischer Anwenderanforderungen zu generieren [Dijkman, Vanderfeesten und Reijers 2011].

Bei den bisher vorgestellten Entwurfsansätzen muss auch beachtet werden, dass ein Anwender die Prozessmodellsammlungen auf Grundlage der ausgewählten Perspektive (beispielsweise Objekt- oder Ziel-orientiert) manuell klassifizieren und anordnen muss. Bei großen Prozessmodellsammlungen kann dies jedoch einen enormen Zeitaufwand mit sich führen. Für diese Problematik präsentiert [Eid-Sabbagh 2012] einen Ansatz, der eine Prozessmodellsammlung mithilfe von Clustering-Techniken automatisch sortiert. Die Ordnungsrelation der Prozessmodelle definiert Eid-Sabbagh auf Grundlage der Ähnlichkeit der Prozessmodellnamen. Zukünftige, hierauf aufbauende Forschungsarbeiten können die Entwicklung von fortgeschritteneren Clustering-Techniken beinhalten [Eid-Sabbagh 2012], welche die Prozessmodelle nicht auf Basis ihrer Namen, sondern ihrer eigentlichen Prozessmodellstruktur vergleichen. Entsprechende Lösungsversuche würden sich vermutlich an den aktuellen Erkenntnissen der Ähnlichkeitssuche für Prozessmodelle (siehe [Dijkman, La Rosa und Reijers 2012]) orientieren.

### 5.2.3 Business Analyse

Ein klarer Schwerpunkt der bisherigen BPMN-Forschung ist die Entwicklung von Erweiterungskonzepten, welche BPMN-Prozessmodelle um zusätzliche Elemente und Funktionalitäten anreichern. Im Rahmen dieser Arbeit handelt es sich um Erweiterungskonzepte zur Datenmodellierung (Kap. 4.4) und Business Analyse (Kap. 4.5). Allerdings werfen diese Erweiterungen auch neue Fragestellungen auf, welche in zukünftigen Forschungsarbeiten aufgegriffen werden können.

#### 5.2.3.1 Ganzheitlichkeit der BPMN-Erweiterungskonzepte

Tabelle 5.1 zeigt auf, inwieweit die Erweiterungskonzepte der bisherigen BPMN-Forschung die Phasen des BPM Zyklus unterstützen. Hierbei wird die Phasenunterstützung von N (Unterstützung nicht vorhanden) über T (teilweise vorhanden) bis V (vorhanden) bewertet. Die Betrachtung der Tabelle macht zunächst deutlich, dass die Unterstützung der Modellierungsphase durch die Erweiterungskonzepte beinahe vollständig gegeben ist. Die Sprachen zur Definition von Geschäftsregeln (XTT2 und SBVR) sowie die Elemente der BPMN-Erweiterungen (Datenmodellierung, BAM und Social BPMN) bieten die Möglichkeit, die spezifischen Aspekte der jeweiligen Erweiterungskonzepte zu modellieren. Bis auf wenige Ausnahmen wird auch die Ausführungsphase zufriedenstellend unterstützt. Es lässt sich somit zusammenfassen, dass ein Großteil der Erweiterungskonzepte aufgrund ihrer Unterstützung der Modellierungs- und Ausführungsphase die Grundidee der modellgetriebenen Softwareentwicklung ermöglichen.

Konzept	Modellierung	Ausführung	Überwachung	Optimierung
Geschäftsregeln XTT2	V	V	N	N
Geschäftsregeln SBVR	V	N	N	N
Datenabhängigkeiten	V	V	N	N
Datenbeschränkungen	V	V	N	N
Datenqualität	V	T	N	N
BAM	V	N	N	N
Social BPMN	V	V	T	T
Secure BPMN	N	T	N	T

**Tabelle 5.1:** Analyse der behandelten Erweiterungskonzepte bzgl. des BPM-Zyklus

Tabelle 5.1 zeigt jedoch auch die mangelhafte Unterstützung der beiden nachgelagerten BPM-Phasen Überwachung und Optimierung. Lediglich Social BPMN stellt einfache Ereignisse zur Verfügung (Kap. 4.5.4.2), mit denen die sozialen Interaktionen in Geschäftsprozessen überwacht werden können. Auch in der Optimierungsphase bieten nur Social BPMN mithilfe der sozialen Ziele (Kap. 4.5.4.2) und Secure BPMN mithilfe der IAS Ontologie (Kap. 4.5.2.2) erste Optimierungsansätze. Grundsätzlich fehlen jedoch Methoden und Techniken, welche die konkreten Implementierungen der Erweiterungskonzepte überwachen können, deren

Schwächen identifizieren und gegebenenfalls sogar Verbesserungsmaßnahmen aufzeigen. Vor allem die Business Analyse würde von solchen Ansätzen profitieren, da auf diese Weise die Wirksamkeit von neuen Organisationskonzepten gemessen und verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise folgende Fragestellungen denkbar:

- ◇ **Geschäftsregeln:** *Hat eine neu definierte Geschäftsregel die Komplexität eines Prozessmodells wirklich reduziert?*
- ◇ **Sicherheit:** *Besteht eine konkrete Sicherheitsstrategie aus einem ausgewogenen Verhältnis an technischen, organisatorischen und rechtlichen Maßnahmen?*
- ◇ **Social BPM:** *Inwieweit hat eine konkrete Social BPM Strategie die Kreativität in der Organisation gesteigert (Kap. 4.5.4.3)?*

Zur Beantwortung solcher Fragestellungen können Leistungskennzahlen und Metriken als objektive Messgrundlage herangezogen werden. Im Gegensatz zu Leistungskennzahlen (Kap. 4.5.3.1) werden Metriken nicht während der Ausführung einer Prozessinstanz, sondern auf Grundlage der allgemeinen Prozessmodellstruktur ermittelt. Somit werden Metriken für statische Analysen und Leistungskennzahlen für dynamische Analysen verwendet. Zur Durchführung von aussagekräftigen Messungen können diese beiden Ansätze kombiniert werden. Damit nun die Wirksamkeit einzelner Konzeptimplementierungen gemessen werden kann, müssten sich zukünftige Forschungsarbeiten als Erstes mit individuellen Ereignissen, Leistungskennzahlen und Metriken der jeweiligen Erweiterungskonzepte auseinandersetzen. Die objektive Messung mithilfe von Kennzahlen und Metriken kann zwar Schwachstellen in einem Geschäftsprozess aufdecken, liefert jedoch noch keine konkreten Hinweise zur (Re-)Strukturierung des Prozessmodells. Diesbezüglich bietet sich die Entwicklung von Methodologien und Ontologien (Kap. 4.5.2.2) an, welche das benötigte Domänen- und Modellierungswissen zur Optimierung der jeweiligen Konzepte beinhalten. Hierbei sollten die Lösungskomponenten der einzelnen BPM-Phasen aufeinander abgestimmt sein. So werden beispielsweise in Social BPMN die sozialen Ziele mit den passenden Social Design Pattern verknüpft (Kap. 4.5.4.2).

### 5.2.4 Verwendung der BPMN-Erweiterungen

Ein detaillierter Vergleich der BPMN-Erweiterungen (Datenmodellierung, BAM, Sicherheit und Social BPMN) macht deutlich, dass sich deren konzeptionelle und methodische Komponenten deutlich voneinander unterscheiden. So lassen sich u.a. Differenzen bei der Abstraktionsebene der Elemente (Kap. 4.5.2.1), der IT-Architektur der technischen Rahmenwerke und bei den zugehörigen Modellierungswerkzeugen feststellen. Während beispielsweise die Erweiterung für Datenbeschränkungen drei Abstraktionsebenen (Kap. 2.3.2) für den CombA-Unterprozess bereitstellt (Kapitel. 4.4.2), ermöglichen die BPMN-Elemente der restlichen Erweiterungen ausschließlich die deskriptive Modellierungsebene. Darüberhinaus können die zurzeit existierenden Sicherheitserweiterungen (Kap. 4.5.2.1) aufgrund ihrer Heterogenität nicht objektiv miteinander verglichen werden.

Auf Grundlage dieser Feststellungen kann in zukünftigen Forschungsarbeiten untersucht werden, wie sich diese Heterogenität auf die Benutzerfreundlichkeit der Erweiterungen und

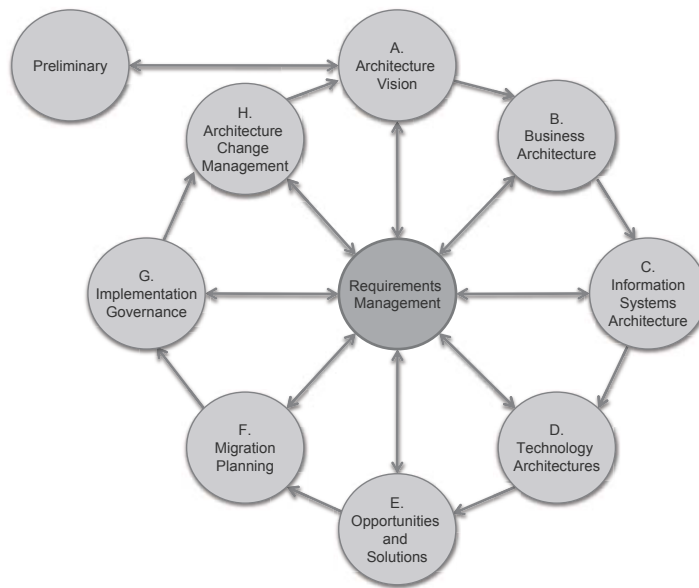
deren Verknüpfungsmöglichkeiten auswirkt.

Neben den bereits vorgestellten BPMN-Erweiterungen existieren diverse andere Erweiterungen zu Themen wie nicht-funktionale Anforderungen [Bocciarelli und D'Ambrogio 2011], Geschäftsprozessziele [Korherr und List 2007] oder zur Spezifikation der Ressourcen-Perspektive [Stroppi, Chiotti und Villarreal 2011]. Im Rahmen der BPMN-Prozessmodellierung sollte es dennoch möglich sein, einzelne Erweiterungen zu finden, verstehen, bewerten und gegebenenfalls miteinander zu vergleichen. Da aktuell existierende Erweiterungen jedoch keine gemeinsame Überstruktur besitzen, wird u.a. die Einarbeitungszeit in die einzelnen Erweiterungen verlängert und deren Anwendung erschwert. Um diesen Problematiken entgegenzuwirken, können Standardisierungsbemühungen eingeleitet werden. Beispielsweise kann ein generisches Rahmenwerk entwickelt werden, an dem sich BPMN-Erweiterungen zukünftig orientieren sollen. Dieses Rahmenwerk kann aus den Stärken der aktuellen BPMN-Erweiterungen zusammengesetzt werden. Auch besteht die Möglichkeit eines semantischen Klassifikationskatalogs (siehe [Maué 2008]), der die Suche, Bewertung und Verwendung der BPMN-Erweiterungen vereinfacht.

Die Einbindung von BPMN-Erweiterungen kann Anwender vor weitere Herausforderungen stellen. Nach aktuellem Forschungsstand existieren keine BPMN-Methodologien, welche die einzelnen Erweiterungen zu einer ganzheitlichen BPM-Strategie verknüpfen. Bei einer organisationsweiten Anforderungsanalyse würde sich u.a. die Frage stellen, ob zuerst die Sicherheitsaspekte mithilfe von Secure BPMN oder ein Social BPM Konzept mittels Social BPMN zu modellieren sind. Entsprechende Lösungsansätze können sich an Rahmenwerken wie The Open Group Architecture Framework (TOGAF)<sup>29</sup> (Abb. 5.2) oder Zachman<sup>30</sup> orientieren. Bei diesen Rahmenwerken wird genau definiert, wie und in welcher Reihenfolge einzelne Teilkonzepte zu einer Organisationsarchitektur zusammengesetzt werden können.

<sup>29</sup><http://www.opengroup.org/togaf>

<sup>30</sup><https://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>



**Abbildung 5.2:** Der TOGAF Entwicklungszyklus, Quelle: [Buckl et al. 2009]

Die Gesichtspunkte dieses Kapitels (Kap. 5.2.3) zeigen auf, dass es den BPMN-Erweiterungskonzepten aktuell an Ganzheitlichkeit, Standardisierung und zusammenhängenden Methodologien fehlt. Diese Mängel können deren Verwendbarkeit in der Industrie grundlegend einschränken. Als zukünftiger Forschungsschwerpunkt bietet es sich neben den bereits genannten Themenpunkten deshalb auch an, die existierenden BPMN-Erweiterungen in industriell orientierten Anwendungsszenarien zu evaluieren.

### 5.3 Konsolidierung der bisherigen BPMN- und Prozessmodellierungsforschung

In diesem Kapitel (Kap. 5.3) wird das Ökosystem der bisherigen BPMN- und Prozessmodellierungsforschung aus einer übergeordneten Perspektive analysiert. Ziel soll es dabei sein, aktuelle Defizite in den Strukturen und Methoden bisheriger Forschungsaktivitäten zu identifizieren um so gegebenenfalls Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten. Diese Analysestrategie deckt sich ebenfalls mit der Empfehlung von [Recker 2012], zukünftige BPMN-Arbeiten auf Grundlage einer Konsolidierung der bisherigen Forschungsergebnisse aufzubauen. Die Durchführung des Konsolidierungsansatzes zeigt auf, dass die zukünftige BPMN- und Prozessmodellierungsforschung von integrativen Lösungen (Kap. 5.3.1) als auch von einer näheren Ausrichtung an industriellen Anforderungen (Kap. 5.3.2) profitieren würde.



### 5.3.1 Integration der bisherigen Forschung

Obwohl sich die BPMN-Forschung mit Unterthemen wie Evaluation, BPM Repository oder Business Analyse bereits befasst hat, bieten diese Forschungsergebnisse interessante Schnittstellen, die in vertiefenden Forschungsarbeiten aufgegriffen werden können. So zeigt die Analyse der bisherigen BPMN-Forschung auf, dass sich die Lösungsansätze der einzelnen Unterthemen in mehreren Fällen zu höherwertigen Konzepten zusammensetzen lassen. Dieser integrative Forschungsansatz würde zur Festigung des bisherigen Forschungswissens sowie zur Ableitung von neuen inhaltlichen Verknüpfungen beitragen. Speziell das Potenzial der fragmentierten BPMN-Forschung (Kap. 4.1.2) kann mithilfe dieser Methode besser ausgeschöpft werden.

Um die Möglichkeiten einer integrativen Forschungsmethodik zu erläutern, werden nun mehrere neue Beispielthemen präsentiert, die an den Schnittstellen der Unterthemen Evaluation, Methodologien, BPM Repository, Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen und der Business Analyse ansetzen. Es muss jedoch beachtet werden, dass diese Aufzählung der Schnittstellen keinesfalls vollständig ist, sondern lediglich einen kleinen Teil der realisierbaren inhaltlichen Verknüpfungen innerhalb der BPMN-Forschung darstellt:

- ◇ *Schnittstelle von Evaluation und BPM Repository*  
Die Durchführung von fortschrittlichen Datenanalysen auf Basis von Prozessmodellsammlungen birgt ein hohes Potenzial für zukünftige Evaluationsansätze (Kap. 5.2.1). In diesem Zusammenhang bildet die Forschungsplattform von Eid-Sabbagh et al. (Kap. 4.3.1.2) eine zentrale Grundlage um theoretische Evaluationsansätze mit den technischen Möglichkeiten des BPM Repository (Kap. 5.2.2) zu verknüpfen.
- ◇ *Schnittstelle von Evaluation und Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen*  
Zur Vereinfachung der Prozessmodellierung können die Erkenntnisse der bisherigen BPMN-Evaluation direkt in entsprechende Softwareanwendungen integriert werden. So schlagen [Zur Muehlen und Recker 2008] beispielsweise ein Modellierungswerkzeug vor, welches anhand der Modellierungsziele des Anwenders die dazu passende Teilmenge der BPMN-Elemente (Kap. 3.2.2) ermittelt.
- ◇ *Schnittstelle von Evaluation und Business Analyse*  
Wie bereits beschrieben (Kap. 5.2.3), sind die Erweiterungen der bisherigen BPMN-Forschung noch nicht ausreichend evaluiert. Diesbezüglich muss u.a. untersucht werden, ob die BPMN-Erweiterungen in industriellen Anwendungsfällen konkreten Wert liefern können.
- ◇ *Schnittstelle von Methodologien und BPM Repository*  
[Eid-Sabbagh et al. 2012] merken an, dass sich Methodologien mithilfe von Prozessmodellsammlungen ableiten lassen. So können auf Grundlage der bereits vorgestellten Forschungsplattform (Kap. 4.3.1.2) beispielsweise Referenzleitfäden zur Prozessmodellierung für spezifische Industriedomänen extrahiert werden.
- ◇ *Schnittstelle von Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen und Business Analyse*  
Für zukünftige Forschungsbemühungen bietet es sich an, Methodologien und Design Pattern gezielter mit Softwareanwendungen zu verknüpfen. Ziel sollte es hierbei

sein, Anwendern das Prozessmodellierungswissen auf praktische und verwertbare Weise zugänglich zu machen. [Netjes, Vanderfeesten und Reijers 2006] sprechen in diesem Zusammenhang von intelligenten Modellierungswerkzeugen. Denkbar wären Softwareanwendungen, die Schwachstellen in konkreten Erweiterungskonzepten (bspw. Social BPM) identifizieren und diese mithilfe von bewährten Design Pattern beheben.

◇ *Schnittstelle von Arbeiten mit BPMN-Prozessmodellen und BPM Repository*

Bei den aktuellen Funktionalitäten zur Unterstützung der Prozessmodellierung (Kap. 4.3) handelt es sich größtenteils um isolierte Softwareanwendungen. Jedoch basieren die alltäglichen Aufgabenstellungen der Prozessmodellierung häufig auf einer Kombination von Grundfunktionalitäten wie der Verifikation (Kap. 4.3.2) oder dem Prozessmodellvergleich (Kap. 4.3.3). Aus diesem Grund würde die Industrie von einer Integration der verschiedenen Einzelanwendungen profitieren. Wie bereits erläutert (Kap. 4.3.1), kann das BPM Repository hierbei die technische Infrastruktur bereitstellen. Die Prozessmodellsammlungen des BPM Repository würden den Einzelanwendungen verschiedene Optimierungsmöglichkeiten anbieten. Beispielsweise merken [Pietsch und Wenzel 2012] an, dass ihnen zur Evaluation ihrer Vergleichsanwendung (Kap. 4.3.3.1) die passenden Prozessmodelle aus der Industrie fehlen. Diese Prozessmodelle könnten durch das BPM Repository angeboten werden.

◇ *Interne Schnittstellen der Business Analyse*

Neben den Schnittstellen zweier unterschiedlicher BPMN-Unterthemen existieren auch innerhalb einzelner Unterthemen noch viele Verknüpfungspunkte. Beispielsweise kann untersucht werden, wie sich existierende BPMN-Erweiterungen zu einer ganzheitlichen Methodik zusammensetzen lassen (Kap. 5.2.4). Auch die zeitliche Anordnung der Problemaspekte von Geschäftsregeln (Kap. 4.5.1.1) sowie die Analyse der existierenden BPMN-Sicherheitserweiterungen (Kap. 4.5.2.1) machen den benötigten Konsolidierungsbedarf innerhalb einzelner BPMN-Unterthemen deutlich.

#### 5.3.2 Stakeholder der Prozessmodellierung

Die Erforschung eines Themengebiets wird zu einem großen Teil von den aktuellen Herausforderungen und Interessen der beteiligten Stakeholder beeinflusst. So kann auch die zukünftige Entwicklung eines Forschungsgebiets durch eine erfolgreiche Zusammenarbeit der Stakeholder unterstützt oder aber durch deren Interessenskonflikte negativ beeinflusst werden.

Im Rahmen der Prozessmodellierung können neben den Forschern ebenfalls Industriepraktiker wie beispielsweise Business-Analysten oder IT-Systemarchitekten sowie Anbieter von Prozessmodellierungssoftware und Consulting-Lösungen als relevante Stakeholder identifiziert werden. Darauf aufbauend führen Indulska et al. im Jahr 2009 eine globale Studie durch, welche die aktuellen Problematiken und zukünftigen Herausforderungen der jeweiligen Stakeholder ermitteln soll. Tabelle 5.2 veranschaulicht hierbei die drei wichtigsten zukünftigen Herausforderungen der Prozessmodellierung, welche von den jeweiligen Stakeholder-Gruppen (Forscher, Softwareanbieter und Industriepraktiker) für das Jahr 2014

genannt werden. So sieht die Gruppe der Forscher beispielsweise die *modellgetriebene Prozessausführung* als größte Herausforderung. Dies deckt sich mit den aktuellen Entwicklungen (Kap. 3.4 und Kap. 4.5) in der BPMN-Forschung. Der Tabellenvergleich verdeutlicht vor allem die Unterschiede zwischen Forschern und Industriepraktikern. Denn während Forscher die Prozessmodellierung mithilfe von abstrakten Artefakten wie Methodologien oder Architekturen vereinfachen wollen, fokussiert sich die Industrie auf organisatorische und strategische Aspekte wie dem *Wert der Prozessmodellierung* oder dem *Buy-In*. Das *Buy-In* bezeichnet in diesem Zusammenhang die stetige Zusicherung der Geldgeber, die entsprechenden Prozessmodellierungsprojekte zu unterstützen. Obwohl sich Softwareanbieter und Industriepraktiker beim *Wert der Prozessmodellierung* grob überschneiden, sind deren Unterschiede bei den übrigen Herausforderungen dennoch deutlich erkennbar [Indulska et al. 2009].

Rang	Forscher	Softwareanbieter	Industriepraktiker
1	modellgetriebene Prozessausführung	modellgetriebene Prozessausführung	Wert der Prozessmodellierung
2	Methodologie	Abstimmung von IT und Fachbereich	Buy-In
3	Dienstorientierung (u.a. Web Services und SOA)	Wert der Prozessmodellierung	Standardisierung

**Tabelle 5.2:** Herausforderungen der Prozessmodellierung für das Jahr 2014, angelehnt an [Indulska et al. 2009]

Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass sich Forscher und Softwareanbieter künftig stärker an den relevanten Herausforderungen der Industrie ausrichten sollten. So ließe sich laut Indulska et al. beispielsweise der *Wert der Prozessmodellierung* deutlicher herausarbeiten, indem das einzigartige Nutzenversprechen (unique value proposition) sowie die Kostentreiber der Prozessmodellierung detaillierter erforscht werden. Weiterhin würden Softwareanbieter davon profitieren, die Standardisierung (dritte Herausforderung der Industriepraktiker) ihrer Softwareanwendungen (siehe [Geiger und Wirtz 2013]) weiter voranzutreiben [Indulska et al. 2009].

## 5.4 Zukünftige BPMN-Forschung im Rahmen des BPM

Fortschritte in der BPMN- und Prozessmodellierungsforschung sind zwangsläufig mit den zukünftigen Makroentwicklungen des übergeordneten BPM verknüpft. Bereits der klassische BPM-Zyklus (Kap. 2.2) verdeutlicht diesen Sachverhalt anhand der engen Kopplung der einzelnen BPM-Phasen. Folglich kann die Durchführung einer BPM-Umgebungsanalyse indirekt dazu beitragen, zukünftige Anforderungen für die Prozessmodellierung und BPMN abzuleiten.

Im folgenden Unterkapitel (Kap. 5.4.1) sollen die technischen Einflussfaktoren und die damit

verbundenen Organisationskonzepte identifiziert werden, welche im zukünftigen BPM eine entscheidende Rolle spielen können. Daran anknüpfend werden Themenschwerpunkte erarbeitet (Kap. 5.4.2), auf denen sich zukünftige Forschungsaktivitäten aufbauen lassen.

### 5.4.1 Umgebungsanalyse für das BPM

Die aktuellen Entwicklungen in der Informationstechnologie bergen ein enormes Verbesserungspotenzial für das BPM. In diversen Anwendungsfällen kann das BPM u.a. von mobilen Technologien, sozialen Konzepten oder dem Internet der Dinge [Atzori, Iera und Morabito 2010] profitieren. Die Ergebnisse der BPM-Forschung zeigen jedoch auf, dass sich bisherige Forschungsbemühungen hauptsächlich auf die Phasen des BPM-Zyklus und die damit verbundenen Themengebiete wie Prozessmodellierungssprachen, Prozessanalysen oder Infrastrukturen zur Prozessausführung [Van der Aalst 2012] beschränken. Obwohl diese Themengebiete zweifellos eine gewichtige Grundlage bilden und weiteren Forschungsbedarf benötigen, bieten sie dennoch wenig Innovationspotenzial. So basiert das bisherige BPM üblicherweise auf einer Prozessausführung, und bei einer Abweichung des Soll-Modells auf einer anschließenden inkrementellen Prozessoptimierung (Kap. 2.2). Da dieses Vorgehen auf den Schwächen eines existierenden Prozessmodells beruht und die externen technischen Möglichkeiten dabei nur wenig berücksichtigt, folgt es größtenteils einem reaktiven Inside-out-Paradigma (Abb. 5.3) [Rosemann 2014].

Um jedoch das gesamte Potenzial des BPM ausschöpfen zu können, bedarf es einer stetigen proaktiven Suche nach technologischen und strategischen Innovationsmöglichkeiten auf Grundlage eines Outside-in-Paradigmas. Dieser Paradigmenwechsel benötigt allerdings neue Methoden und Systeme, welche die verfügbaren externen Technologielösungen bewerten, miteinander vergleichen und deren Einbindung in BPM-Projekte vereinfachen. Beispielsweise sollte eine Organisation ermitteln können, welches ihrer Prozessmodelle am meisten vom Einsatz mobiler Technologien profitieren würde [Rosemann 2014].

Obwohl sich die bisherige BPM-Forschung vornehmlich auf das Inside-out-Paradigma fokussiert, sollte dennoch angemerkt werden, dass technische Lösungsansätze zur Umsetzung des Outside-in-Paradigmas bereits existieren. In diesem Zusammenhang müssen vor allem die technischen Möglichkeiten der Themengebiete Cloud Computing und Process Mining erwähnt werden. Denn während es sich bei mobilen Technologien und dem Internet der Dinge bisher noch um schwer greifbare und wenig erforschte Konzepte handelt, bietet die aktuelle BPM-Forschung konkrete Lösungskonzepte zur Verknüpfung von BPM, Cloud Computing und Process Mining.

Hinsichtlich des Outside-in-Paradigmas stellt das Cloud Computing eine technische Plattform [Ostermann et al. 2010] zur Verfügung, welche das gesamte Potenzial der Informationstechnologie in Form von Infrastrukturen, Plattformen und Softwareanwendungen auf einfache und flexible Weise bereitstellt. Aktuelle Forschungsarbeiten an der Schnittstelle von Cloud Computing und BPM beschäftigen sich hierbei u.a. mit der Flexibilisierung von Geschäftsprozessen [Benner et al. 2012], der intelligenten Zusammensetzung von Geschäftsprozessen [García Coria, Castellanos-Garzón und Corchado 2014] und einer Modellierungssprache für Anwendungstopologien in der Cloud [Kopp et al. 2012].

Das Process Mining beruht auf der Idee, Prozessfragmente oder Prozessmodelle mithilfe

von Ereignisdaten aus der Prozessausführung zu extrahieren und somit die Prozesssuche, die Prozessmodellerweiterung oder die Überprüfung von Prozessmodellen zu erleichtern [Van der Aalst 2011]. Im Rahmen des Outside-in-Paradigmas würde das Process Mining die Identifikation von unbekannten Wissensstrukturen in Geschäftsprozessen ermöglichen, auf denen sich erweiternde Datenanalysen aufbauen lassen. Beispielsweise kann das Process Mining die Entwicklung einer individuellen Social BPM Strategie einleiten, indem anhand von Ereignisdaten automatisch die verschiedenen Anwendergruppen des Social BPM [Ferreira und Alves 2012] ermittelt werden.

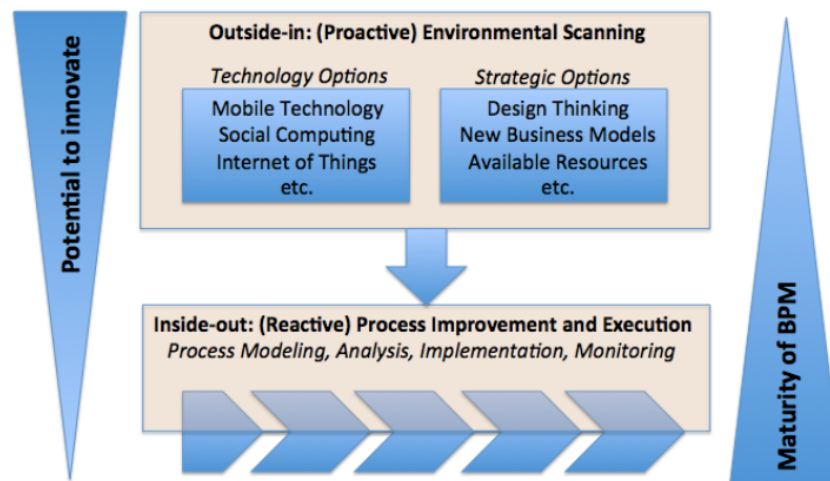


Abbildung 5.3: Der Reife-Innovationskonflikt des BPM, Quelle: [Rosemann 2014]

#### 5.4.2 Ableitung von zukünftigem Handlungsbedarf für die BPM-Forschung

Um dem aktuellen Reife-Innovationskonflikt des BPM (Abb. 5.3) entgegenzuwirken und damit das reaktive Outside-in-Paradigma voranzutreiben, zeigt Rosenmann drei zukünftige BPM-Forschungsrichtungen auf. Hierbei handelt es sich um die beidhändige Organisation (ambidextrous organization), dem Werte-orientierten BPM (value-driven BPM) und dem Kunden-Prozessmanagement (customer process management).

Der Ansatz der beidhändigen Organisation umfasst ein angemessenes Verhältnis an Maßnahmen zur Ausnutzung (exploitation) und Erkundung (exploration). Die Ausnutzung folgt dem Inside-out-Paradigma und impliziert u.a. die Aufrechterhaltung, Überwachung und inkrementelle Optimierung der existierenden operativen Geschäftsprozesse einer Organisation. Folglich orientiert sich dieses Vorgehen an den Schwachstellen und Engpässen von bereits bestehenden Geschäftsabläufen. Die hierzu benötigten Techniken, Methoden und Systeme wurden bereits ausgiebig erforscht. Rosemann schlägt deshalb vor, den zukünftigen Forschungsfokus auf die Erkundung neuer technischer Innovationsmöglichkeiten zu verlagern. Hierbei muss eine Organisation mithilfe einer umfassenden Umgebungsanalyse einschätzen und bewerten können, welche externen Technologien in deren Geschäftsprozesse integriert werden sollen. Zukünftige Softwareanwendungen müssten deshalb in der

Lage sein, technisches Verbesserungspotenzial in Geschäftsprozessen zu identifizieren. Einem Logistikdienstleister kann beispielsweise aufgezeigt werden, an welchen Stellen seines Prozessmodells die Einbindung der Radio Frequency Identification (RFID) Technologie ([Landt 2005]) oder die automatische Gesichtserkennung zugute kommen würde. Diesbezüglich empfiehlt Rosemann die Entwicklung von Prozessinnovationssystemen, welche aktuelle technologische Lösungsansätze in Form von Prozessfragmenten aufbewahren. Darauf aufbauend kann eine Kombination von künstlicher Intelligenz und wiederverwendbarem Domänenwissen die Prozessmodellierung wesentlich vereinfachen. Ein Onlinedienstleister kann beispielsweise bei der Modellierung seines Verkaufsprozesses unterstützt werden, indem die möglichen Zahlungsarten seiner Kunden in Form von parallelen Aktivitäten automatisch vorgeschlagen werden [Rosemann 2014].

Rosemanns Empfehlung eines Werte-orientierten BPM deckt sich ebenfalls mit den Feststellungen dieser Arbeit (Kap. 5.3.2) sowie den Erkenntnissen von [Vom Brocke et al. 2011] und [Indulska et al. 2009]. So liefern aktuelle BPM-Forschungsarbeiten wie Prozessarchitekturen oder Prozessmodellierungssprachen zwar wichtige Zwischenergebnisse, treffen jedoch keine Aussage über den konkreten Wert dieser Artefakte für eine Organisation. Das Werte-orientierte BPM beschäftigt sich deshalb mit der Fragestellung, wie der tatsächliche Erfolg eines BPM-Projekts anhand der anfangs definierten Leitziele (Kap. 2.2) gemessen werden kann. Zugehörige Lösungsansätze sollten sich laut Rosemann an den BPM-Werten Transparenz, Qualität, Agilität, Integration, Effizienz, Compliance und Vernetzung [Franz, Kirchmer und Rosemann 2012] orientieren. Diese Werte und deren dazugehörige Umsetzungsmethodiken müssten jedoch auf die spezifischen Anforderungen des BPM zugeschnitten sein. Beispielsweise sollten bei einem BPM-Projekt die passenden Lösungskomponenten zur Verfügung stehen, mit denen ein Anwender die Ziele einer Vernetzungsstrategie modellieren und den Vernetzungsgrad mithilfe von Design Pattern steigern kann. Um den konkreten Erfolg eines Projekts messen zu können, müssen ebenfalls umfangreiche Datenanalysen angeboten werden. In diesem Zusammenhang können Algorithmen aus den Gebieten Process Mining [Ramezani, Fahland und Aalst 2012] und Big Data [Gao 2013] eine wichtige Rolle spielen [Rosemann 2014].

Eine dritte Forschungsrichtung zur Unterstützung des Outside-in-Paradigmas sieht Rosemann in der näheren Ausrichtung des BPM am Endkunden (customer process management). Heutige Organisationen fokussieren sich vor allem auf die interne Optimierung ihrer Geschäftsprozesse und vernachlässigen dabei oft die externen Erfahrungen ihrer Kunden. Rosemann schlägt eine ganzheitlichere Betrachtung des BPM vor, indem Geschäftsprozesse direkt bei den Kunden ansetzen und durch deren alltägliche Lebenssituationen ausgelöst werden. In Kombination mit dem Internet der Dinge und sozialen Medien bietet dieser Ansatz interessante Anwendungsszenarien. Laut Rosemann wäre es beispielsweise vorstellbar, dass ein Automobilhersteller beim Unfall seines Kunden automatisch per Datenübertragung über diesen Vorfall informiert wird. Sollte der Kunde auf die unmittelbare Kontaktaufnahme des Autoherstellers nicht antworten, kann dieser gegebenenfalls einen Notdienst kontaktieren [Rosemann 2014].

## 5.5 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Hauptkapitel (Kap. 5) werden potenzielle Themenpunkte der zukünftigen BPMN-Forschung mithilfe von drei unterschiedlichen Analyseperspektiven (Kap. 5.1.2) erarbeitet. Hierbei stellen sich die Umgebungsabtastung und Überwachung als geeignete Zukunftsforschungsmethoden (Kap. 5.1.3) heraus.

In Kapitel (Kap. 5.2) wird konkreter Handlungsbedarf für die zukünftige BPMN-Forschung anhand der Problematiken und Verbesserungspotenziale der existierenden BPMN-Literatur abgeleitet. So können vor allem die Evaluation, die Anwendungsmöglichkeiten des BPM Repository und die Business Analyse als Unterthemen mit zukünftigem Forschungspotenzial identifiziert werden. Kapitel (Kap. 5.3) zeigt auf, dass sich die aktuelle BPMN- und Prozessmodellierungsforschung mithilfe von Konsolidierungsmaßnahmen verbessern lassen kann, indem die Schnittstellen der Unterthemen ausführlicher erschlossen und zukünftige Forschungsbemühungen stärker an den aktuellen Herausforderungen der Industrie ausgerichtet werden. Als letzter Schritt wird eine BPM-Umgebungsanalyse hinsichtlich der aktuell verfügbaren IT-Technologien durchgeführt. Dabei wird deutlich, dass zukünftige Forschungsaktivitäten von einer näheren Orientierung am Outside-in-Paradigma profitieren können.

## Kapitel 6

### Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit werden vergangene BPMN-Forschungsergebnisse zusammengefasst, aktuelle BPMN-Forschungsthemen dargelegt und zukünftig relevante BPMN-Themengebiete identifiziert.

Während der Fokus von vergangenen Forschungsbemühungen auf BPMN-spezifischen Fragestellungen liegt, weist die gegenwärtige BPMN-Forschung einen stark fragmentierten Themenkomplex mit Schnittstellen zu diversen Prozessmodellierungs- und Organisationskonzepten auf. Im Rahmen dieser Arbeit handelt es sich dabei um Datenkonzepte, Geschäftsregeln, Sicherheit, BAM und Social BPM. Diese Konzepte beschäftigen sich u.a. mit der Frage, wie die modellgetriebene Softwareentwicklung verwendet werden kann um angereicherte Prozessmodelle in technische Anwendungen zu überführen. Die Analyse der aktuellen BPMN-Forschung macht weiterhin deutlich, dass sich die Themen BPMN, Prozessmodellierung und BPM inhaltlich immer stärker aneinander anfügen. Beispielsweise deckt die vorgestellte Social BPMN Methodologie mithilfe von Design Pattern (Modellierungsphase), modellgetriebener Prozessausführung (Implementierungs- und Ausführungsphase), sozialen BPMN-Ereignissen (Überwachungsphase) und sozialen Zielen (Optimierungsphase) den gesamten BPM-Lebenszyklus ab. Dieser inhaltliche Schnittstellencharakter lässt sich u.a. dadurch erklären, dass die BPMN-Forschung nach Erarbeitung der formalen Grundlagen nun darauf aufbauende Problemstellungen aus der Industrie identifizieren und lösen muss. Diese Hypothese wird ebenfalls durch das Leitkonzept gestützt, welches im Hauptkapitel der gegenwärtigen BPMN-Forschung (Kap. 4) entwickelt wird.

Aufbauend auf den Ergebnissen der gegenwärtigen BPMN-Forschung identifiziert diese Arbeit konkreten Handlungsbedarf für zukünftige Forschungsaktivitäten. Beispielsweise existieren innerhalb der Business Analyse diverse Problemstellungen, die aktuell noch nicht untersucht worden sind. So stellt sich u.a. die Frage, wie die Wirksamkeit von modellierten Erweiterungskonzepten in der Überwachungsphase objektiv gemessen und in der Optimierungsphase verbessert werden kann.

Ebenfalls zeigt diese Arbeit auf, inwiefern konsolidierende Forschungsmaßnahmen zur Erschließung neuer Verknüpfungspunkte führen können. Ein solcher Konsolidierungsansatz kann auch dazu beitragen, den Mehrwert der inhaltlich fragmentierten BPMN-Forschung nach außen hin konkreter und ganzheitlicher darzustellen.

Zur Ermittlung von neuen innovativen Themengebieten sollte sich das zukünftige BPM stärker an einem proaktiven Outside-in-Paradigma orientieren. Auf diese Weise kann das Potenzial der aktuell verfügbaren IT-Technologien besser ausgenutzt werden. Im Zusammenhang mit dem Outside-in-Paradigma identifiziert Rosemann die beidhändige Organisation,



das Werte-orientierte BPM und das Kunden-Prozessmanagement als zukünftig relevante Forschungsgebiete. Speziell beim Werte-orientierten BPM ist sich die Forschung einig, dass dieses Konzept in den nächsten Jahren eine entscheidende Rolle spielen wird. Da ein ganzheitliches BPM auf einer engen Kopplung der einzelnen BPM-Phasen basiert, würde die Orientierung am Werte-orientierten BPM zwangsläufig auch Auswirkungen auf die Prozessmodellierung und BPMN haben. So ließe sich beispielsweise im Rahmen eines BPM-Projekts der Mehrwert der vorgestellten Social BPMN-Erweiterung (Kap. 4.5.4.2) ermitteln, indem der durch die Erweiterung erzielte Vernetzungsgrad (siehe [Franz, Kirchmer und Rosemann 2012]) gemessen wird.

### 6.1 Ausblick

Zur Darstellung der zukünftigen BPMN-Forschung wird in dieser Arbeit zu jedem aufgeführten Themenpunkt lediglich die Problematik erläutert und gegebenenfalls der zugehörige Lösungsansatz angeschnitten. Somit bieten die drei Kapitel der zukünftigen BPMN-Forschung (Kap. 5.2 - Kap. 5.4) eine umfangreiche Wissensbasis, an der vertiefende BPMN-Arbeiten anknüpfen können. Bezüglich der beschriebenen integrativen Forschung können die Schnittstellen der BPMN-Unterthemen näher untersucht und neue inhaltliche Verknüpfungspunkte identifiziert werden. Da Rosemann das Potenzial des Outside-in-Paradigmas aus einer eher abstrakten Sicht verdeutlicht, können sich zukünftige Forschungsarbeiten ebenfalls mit der Frage beschäftigen, welche konkreten Auswirkungen dieses Paradigma auf die Prozessmodellierung und BPMN hätte. Hierbei würden die von Rosemann vorgeschlagenen Prozessinnovationssysteme voraussichtlich eine entscheidende Rolle spielen. Solche Systeme wären beispielsweise dazu in der Lage, einem Anwender auf Grundlage einer spezifischen Domäne wie Logistik oder Vertrieb die hierzu passenden BPMN-Elemente, Erweiterungen, Design Pattern und Methodologien anzubieten und diese gegebenenfalls automatisch in BPMN-Prozessmodelle einzubinden. Entsprechende Lösungskonzepte müssten aktuelles Prozessmodellierungswissen, formale Speicherstrukturen für das (wieder)verwendbare Domänenwissen und passende Ansätze aus der künstlichen Intelligenz miteinander verknüpfen.

Grundsätzlich lässt sich anhand der mehrdimensionalen Zukunftsanalyse dieser Arbeit begründen, dass die zukünftige BPMN-Forschung ein angemessenes Verhältnis an naheliegenden Problematiken (Kap. 5.2), Maßnahmen zur Verbesserung des Forschungsökosystems (Kap. 5.3) und einer proaktiven Suche nach innovativen Technologien (Kap. 5.4) aufweisen sollte. Somit wird deutlich, dass BPMN-Forschungsaktivitäten nicht nur durch aktuelle Problematiken, sondern auch durch übergeordnete Systeme und deren Entwicklungstrends beeinflusst werden.

Die in dieser Arbeit vorgeschlagenen Konsolidierungsmaßnahmen sowie die Befolgung des Outside-in-Paradigmas implizieren zwar einen erheblichen Forschungsaufwand, bieten allerdings auch ein hohes Potenzial für Weiterentwicklung und Innovation. So benötigen Konsolidierungsmaßnahmen zunächst eine ganzheitliche Analyse der aktuellen BPMN-Forschung, ermöglichen anschließend jedoch die Entwicklung von höherwertigen Lösungskonzepten. Genauso erfordert das Outside-in-Paradigma die Erschließung eines völlig neuen

Forschungsgebiets, erlaubt auf der positiven Seite aber auch die Identifikation von neuen Anwendungsfeldern sowie die gewinnbringende Integration von externen Technologien wie dem Cloud Computing oder dem Process Mining.

Wie im ersten Absatz dieses Kapitels (Kap. 6.1) bereits erläutert, müsste BPMN im Zuge des Outside-in-Paradigmas ebenfalls neue Lösungsansätze zur Verfügung stellen, mit denen zukünftige Modellierungsanforderungen abgebildet werden können. Diese denkbare Entwicklung lässt sich bereits anhand aktueller Sachverhalte verdeutlichen. So besteht bei BPMN-Anwendern aktuell der Wunsch nach geeigneten BPMN-Elementen, welche die Spezifikation von Geschäftsregeln und Prozessdekompositionen (siehe [Recker 2010]) ermöglichen. Während die Definition von Geschäftsregeln eine unübersichtliche Kontrollflusslogik in Prozessmodellen vermeidet, erlaubt eine Dekomposition die Erstellung von Prozessarchitekturen und somit die ganzheitliche Sicht auf Prozessmodellsammlungen. Beide Konzepte reduzieren die zunehmende Komplexität der Prozessmodellierung mithilfe von skalierbaren Ansätzen. Somit zeigt sich, dass sich eine allgemeine Herausforderung der Prozessmodellierung auch auf BPMN auswirken kann, indem den Anwendern die zugehörigen BPMN-Elemente (Elemente für Geschäftsregeln und Dekompositionen) zur Verfügung gestellt werden müssen. Anhand dieser Tatsache lässt sich ableiten, dass BPMN in den kommenden Jahren weitere Schnittstellen zur Prozessmodellierung, zum BPM und zu benachbarten Forschungsgebieten aufweisen wird. In diesem Zusammenhang besteht die Gefahr, dass der Industrie aufgrund einer fragmentierten BPMN-Forschung kein integrierter Mehrwert angeboten werden kann. Die OMG sowie die Forschung haben hierbei die wichtige Aufgabe, die Komplexität von BPMN kontinuierlich zu überprüfen um so die praktische Verwendbarkeit für die verschiedenen BPMN-Anwendergruppen zu gewährleisten. Auf diese Weise kann das Hauptziel von BPMN, nämlich das Anbieten einer einfachen und intuitiven Modellierungssprache, weiterhin verfolgt werden, ohne dabei eine innovative Weiterentwicklung zu vernachlässigen. Insgesamt lässt sich hieraus der Schluss ziehen, dass die BPMN-Forschung zwar deutlich von explorativen Ansätzen, innovativen Technologien und den damit verbundenen Schnittstellenkonzepten profitieren kann, jedoch auch durch eine stetige Evaluation, Konsolidierung und Rekombination bisheriger Forschungsergebnisse ergänzt werden muss.



# Literatur

- Allweyer, Thomas (2009a). *BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*. Books on Demand, Auflage 2, November 2009. ISBN: 978-3839121344. URL: [http://books.google.de/books/about/BPMN\\_2\\_0\\_Business\\_Process\\_Model\\_and\\_Nota.html?hl=de&id=GjmLqXNYFS4C](http://books.google.de/books/about/BPMN_2_0_Business_Process_Model_and_Nota.html?hl=de&id=GjmLqXNYFS4C) (siehe S. 16).
- (2009b). „Kollaborationen, Choreographien und Konversationen in BPMN 2.0“. In: URL: <http://kurze-prozesse.de/blog/wp-content/uploads/2009/06/kollaborationen-choreographien-und-konversationen-in-bpmn-20.pdf> (siehe S. 17).
- Atzori, Luigi, Antonio Iera und Giacomo Morabito (2010). „The Internet Of Things: A survey“. In: *Computer Networks* 54.15, S. 2787–2805. ISSN: 1389-1286. DOI: 10.1016/j.comnet.2010.05.010 (siehe S. 91).
- Awad, Ahmed, Gero Decker und Mathias Weske (2008). „Efficient Compliance Checking Using BPMN-Q and Temporal Logic“. In: *Business Process Management, 6th International Conference, BPM 2008, Milan, Italy, September 2-4, 2008. Proceedings*. Bd. 5240. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 326–341. ISBN: 978-3-540-85757-0. DOI: 10.1007/978-3-540-85758-7\_24 (siehe S. 34–36).
- Basin, David, Manuel Clavel und Marina Egea (2011). „A Decade of Model-Driven Security“. In: *Proceedings of the 16th ACM Symposium on Access Control Models and Technologies. SACMAT '11*. ACM, S. 1–10. ISBN: 978-1-4503-0688-1. DOI: 10.1145/1998441.1998443 (siehe S. 70).
- Benner, Marian et al. (2012). „Managing and Tracing the Traversal of Process Clouds with Templates, Agendas and Artifacts“. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Business Process Management. BPM'12*. Springer-Verlag, S. 188–193. ISBN: 978-3-642-32884-8. DOI: 10.1007/978-3-642-32885-5\_14 (siehe S. 91).
- Bocciarelli, Paolo und Andrea D'Ambrogio (2011). „A BPMN Extension for Modeling Non Functional Properties of Business Processes“. In: *Proceedings of the 2011 Symposium on Theory of Modeling & Simulation: DEVS Integrative M&S Symposium. TMS-DEVS '11*. Society for Computer Simulation International, S. 160–168. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2048476.2048497> (siehe S. 86).
- Börger, Egon (2012). „Approaches to Modeling Business Processes: A Critical Analysis of BPMN, Workflow Patterns and YAWL“. In: *Softw. Syst. Model.* 11.3, S. 305–318. ISSN: 1619-1366. DOI: 10.1007/s10270-011-0214-z (siehe S. 45, 46).

- Brambilla, Marco, Piero Fraternali und Carmen Vaca (2012a).  
 „BPMN and Design Patterns for Engineering Social BPM Solutions“.  
 In: *Business Process Management Workshops*. Bd. 99.  
 Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg,  
 S. 219–230. ISBN: 978-3-642-28107-5. DOI: 10.1007/978-3-642-28108-2\_22  
 (siehe S. 14, 16, 43, 74–76).
- (2012b). „Combining Social Web and BPM for Improving Enterprise Performances: The BPM4People Approach to Social BPM“.  
 In: *Proceedings of the 21st International Conference Companion on World Wide Web, WWW 2012, Lyon, France, April 16-20, 2012 (Companion Volume)*. WWW '12 Companion. ACM,  
 S. 223–226. ISBN: 978-1-4503-1230-1. DOI: 10.1145/2187980.2188014 (siehe S. 74, 75).
- Brucker, Achim D. et al. (2012). „SecureBPMN: Modeling and Enforcing Access Control Requirements in Business Processes“.  
 In: *Proceedings of the 17th ACM Symposium on Access Control Models and Technologies. SACMAT '12*. ACM, S. 123–126. ISBN: 978-1-4503-1295-0. DOI: 10.1145/2295136.2295160  
 (siehe S. 66, 69, 70).
- Buckl, Sabine et al. (2009).  
 „Using Enterprise Architecture Management Patterns to Complement TOGAF“.  
 In: *Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2009. EDOC'09. IEEE International*,  
 S. 34–41. ISBN: 978-1-4244-4773-2.  
 URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1719357.1719361> (siehe S. 87).
- Cherdantseva, Yulia und Jeremy Hilton (2013).  
 „A Reference Model of Information Assurance & Security“.  
 In: *Proceedings of the 2013 International Conference on Availability, Reliability and Security. ARES '13*. IEEE Computer Society, S. 546–555. ISBN: 978-0-7695-5008-4.  
 DOI: 10.1109/ARES.2013.72 (siehe S. 67).
- Cherdantseva, Yulia, Jeremy Hilton und Omer Rana (2012). „Towards SecureBPMN - Aligning BPMN with the Information Assurance and Security Domain“.  
 In: *Business Process Model and Notation*. Bd. 125.  
 Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg,  
 S. 107–115. ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_9  
 (siehe S. 66–69).
- Clarke, Edmund et al. (2001). „Progress on the State Explosion Problem in Model Checking“.  
 In: *Informatics*. Bd. 2000. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg,  
 S. 176–194. ISBN: 978-3-540-41635-7. DOI: 10.1007/3-540-44577-3\_12 (siehe S. 51).
- Correia, Anacleto und Fernando Brito e Abreu (2012).  
 „Adding Preciseness to BPMN Models“. In: *Procedia Technology* 5, S. 407–417.  
 ISSN: 2212-0173.  
 URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017312004768>  
 (siehe S. 51).
- Dijkman, Remco M., Marlon Dumas und Chun Ouyang (2008).  
 „Semantics and Analysis of Business Process Models in BPMN“.  
 In: *Inf. Softw. Technol.* 50.12, S. 1281–1294. ISSN: 0950-5849.  
 DOI: 10.1016/j.infsof.2008.02.006 (siehe S. 29–31, 51).

- Dijkman, Remco M., Marcello La Rosa und Hajo A. Reijers (2012). „Managing large collections of business process models - Current techniques and challenges“. In: *Computers in Industry* 63.2, S. 91–97. URL: <http://eprints.qut.edu.au/48184/> (siehe S. 48, 49, 82, 83).
- Dijkman, Remco M., Irene Vanderfeesten und Hajo A. Reijers (2011). *The Road to a Business Process Architecture: An Overview of Approaches and their Use*. URL: [http://cms.ieis.tue.nl/Beta/Files/WorkingPapers/wp\\_350.pdf](http://cms.ieis.tue.nl/Beta/Files/WorkingPapers/wp_350.pdf) (siehe S. 82, 83).
- Döhring, Markus und Steffen Heublein (2012). „Anomalies in Rule-Adapted Workflows - A Taxonomy and Solutions for vBPMN“. In: *Software Maintenance and Reengineering (CSMR), 2012 16th European Conference on*, S. 117–126. ISBN: 978-1-4673-0984-4. DOI: 10.1109/CSMR.2012.22 (siehe S. 61, 62).
- Dumas, Marlon et al. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer; Auflage: 2013 (9. März 2013). ISBN: 978-3642331428. DOI: 10.1007/978-3-642-33143-5 (siehe S. 13–15).
- Eid-Sabbagh, Rami-Habib (2012). „Towards Automatic Generation of Process Architectures for Process Collections.“ In: *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Central-European Workshop on Services and their Composition, ZEUS-2012, Bamberg, Germany, February 23-24, 2012*. Bd. 847. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 89–96. URL: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/zeus/zeus2012.html#Eid-Sabbagh12> (siehe S. 83).
- Eid-Sabbagh, Rami-Habib et al. (2012). „A Platform for Research on Process Model Collections“. In: *Business Process Model and Notation - 4th International Workshop, BPMN 2012, Vienna, Austria, September 12-13, 2012. Proceedings*. Bd. 125. Springer Berlin Heidelberg, S. 8–22. ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_2 (siehe S. 48, 50, 82, 88).
- El Kharbili, Marwane et al. (2008). „Towards a Framework for Semantic Business Process Compliance Management“. In: *Proceedings of the workshop on Governance, Risk and Compliance for Information Systems*, S. 1–15. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-339/paper1.pdf> (siehe S. 34, 43).
- Emig, Christian et al. (2005). „Programming in the Large based on the Business Process Modelling Notation.“ In: *GI Jahrestagung (2)*, S. 627–631. URL: [http://pdf.aminer.org/000/229/536/programming\\_in\\_the\\_large\\_based\\_on\\_the\\_business\\_process\\_modelling.pdf](http://pdf.aminer.org/000/229/536/programming_in_the_large_based_on_the_business_process_modelling.pdf) (siehe S. 19).
- EMISA (2012). *BPMN 2012: Call for Papers*. URL: <http://emisa2012.univie.ac.at/index.php?t=bpmn> (siehe S. 40–42).
- Erol, Selim et al. (2010). „Combining BPM and social software: contradiction or chance?“. In: *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* 22.6-7, S. 449–476. ISSN: 1532-0618. DOI: 10.1002/smr.460 (siehe S. 74–76).
- Falcioni, Damiano et al. (2012). „Direct Verification of BPMN Processes Through an Optimized Unfolding Technique“. In: *Proceedings of the 2012 12th International Conference on Quality Software. QSIC '12*.

- IEEE Computer Society, S. 179–188. ISBN: 978-0-7695-4833-3.  
DOI: 10.1109/QSIC.2012.59 (siehe S. 51, 52).
- Ferreira, Diogo R. und Cláudia Alves (2012).  
„Discovering User Communities in Large Event Logs“.  
In: *Business Process Management Workshops*. Bd. 99.  
Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg,  
S. 123–134. ISBN: 978-3-642-28107-5. DOI: 10.1007/978-3-642-28108-2\_11 (siehe S. 92).
- Franz, Peter H., Mathias Kirchmer und Michael Rosemann (2012).  
*Value-Driven Business Process Management*.  
URL: <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Value-Driven-Business-Process-Management.pdf> (siehe S. 93, 96).
- Friedenstab, Jan-Philipp et al. (2012). „Extending BPMN for Business Activity Monitoring“.  
In: *Proceedings of the 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences*.  
HICSS '12. IEEE Computer Society, S. 4158–4167. ISBN: 978-1-4577-1925-7.  
DOI: 10.1109/HICSS.2012.276 (siehe S. 13, 70–74).
- Gao, Xiang (2013). „Towards the Next Generation Intelligent BPM: In the Era of Big Data“.  
In: *Proceedings of the 11th International Conference on Business Process Management*.  
Bd. 8094. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 4–9.  
ISBN: 978-3-642-40175-6. DOI: 10.1007/978-3-642-40176-3\_2 (siehe S. 93).
- Garavel, Hubert et al. (2011).  
„CADP 2010: A Toolbox for the Construction and Analysis of Distributed Processes“.  
In: *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*. Bd. 6605.  
Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 372–387.  
ISBN: 978-3-642-19834-2. DOI: 10.1007/978-3-642-19835-9\_33 (siehe S. 53).
- García Coria, José A., José A. Castellanos-Garzón und Juan M. Corchado (2014).  
„Intelligent Business Processes Composition Based on Multi-Agent Systems“.  
In: *Expert Syst. Appl.* 41.4, S. 1189–1205. ISSN: 0957-4174.  
DOI: 10.1016/j.eswa.2013.08.003 (siehe S. 91).
- Garfield, Eugene (2006). „The History and Meaning of the Journal Impact Factor“.  
In: *Jama* 295.1, S. 90–93. URL: <http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/jifchicago2005.pdf?wa=IPEMBI14>  
(siehe S. 10).
- Gartner (2013). „Business Activity Monitoring (BAM)“.  
URL: <http://www.gartner.com/it-glossary/bam-business-activity-monitoring>  
(siehe S. 70).
- Geiger, Matthias und Guido Wirtz (2013).  
„Detecting Interoperability and Correctness Issues in BPMN 2.0 Process Models“.  
In: *CEUR Workshop Proceedings* 1029, S. 41–44.  
URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1029/paper8.pdf> (siehe S. 90).
- Ghose, Aditya und George Koliadis (2007). „Auditing Business Process Compliance“.  
In: *Service-Oriented Computing - ICSOC 2007*. Bd. 4749.  
Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 169–180.  
ISBN: 978-3-540-74973-8. DOI: 10.1007/978-3-540-74974-5\_14 (siehe S. 29, 34, 36).
- Glinz, Martin (2008).  
„Modellierung in der Lehre an Hochschulen: Thesen und Erfahrungen“.

- In: *Informatik-Spektrum* 31.5, S. 425–434. ISSN: 0170-6012.  
DOI: 10.1007/s00287-008-0273-x (siehe S. 30).
- Hildebrandt, Michael (2005). *Die Spezifikationssprachen Z und VDM*.  
URL: [http://www2.informatik.hu-berlin.de/top/lehre/WS05-06/se\\_systementwurf/Z\\_und\\_VDM-1.pdf](http://www2.informatik.hu-berlin.de/top/lehre/WS05-06/se_systementwurf/Z_und_VDM-1.pdf) (siehe S. 30).
- Horx, Matthias (2014). *Theorie der integrierten Prognostik*.  
URL: <http://www.horx.com/zukunftsforschung/2-05.aspx> (siehe S. 80).
- Indulska, Marta, Michael zur Muehlen und Jan C. Recker (2009).  
„Measuring Method Complexity: The Case of the Business Process Modeling Notation“.  
In: *BPMcenter.org2009*.  
URL: <http://bpmcenter.org/wp-content/uploads/reports/2009/BPM-09-03.pdf>  
(siehe S. 23, 28).
- Indulska, Marta et al. (2009).  
„Business Process Modeling: Current Issues and Future Challenges“.  
In: *Advanced Information Systems Engineering*. Bd. 5565.  
Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 501–514.  
ISBN: 978-3-642-02143-5. DOI: 10.1007/978-3-642-02144-2\_39 (siehe S. 90, 93).
- International Institute of Business Analysis (2012).  
*Leitfaden zum Business Analysis Body of Knowledge - BABOK Guide 2.0*.  
Verlag Dr. Götz Schmidt, Wettenberg; Auflage: 1 (25. März 2012). ISBN: 978-3921313817.  
URL: <http://www.goetz-schmidt-verlag.de/index.php?id=94> (siehe S. 60).
- Kluza, Krzysztof, Krzysztof Kaczor und Grzegorz J. Nalepa (2012).  
„Enriching Business Processes with Rules Using the Oryx BPMN Editor“.  
In: *Artificial Intelligence and Soft Computing*. Bd. 7268. Lecture Notes in Computer Science.  
Springer Berlin Heidelberg, S. 573–581. ISBN: 978-3-642-29349-8.  
DOI: 10.1007/978-3-642-29350-4\_68 (siehe S. 61–64).
- Kluza, Krzysztof et al. (2012).  
„Proposal of Representing BPMN Diagrams with XTT2-Based Business Rules“.  
In: *Intelligent Distributed Computing V*. Bd. 382. Studies in Computational Intelligence.  
Springer Berlin Heidelberg, S. 243–248. ISBN: 978-3-642-24012-6.  
DOI: 10.1007/978-3-642-24013-3\_25 (siehe S. 61–63).
- Kopp, Oliver et al. (2008). „On the Choice Between Graph-Based and Block-Structured Business Process Modeling Languages“.  
In: *Modellierung betrieblicher Informationssysteme - Modellierung zwischen SOA und Compliance Management* - 27.-28. November 2008 Saarbrücken, Germany, S. 59–72.  
URL: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings141/article2307.html>  
(siehe S. 19).
- Kopp, Oliver et al. (2012). „BPMN4TOSCA: A Domain-Specific Language to Model Management Plans for Composite Applications“. In: *Business Process Model and Notation*. Bd. 125. Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 38–52. ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_4 (siehe S. 91).
- Korherr, Birgit und Beate List (2007). „Extending the EPC and the BPMN with Business Process Goals and Performance Measures“.  
In: *ICEIS 2007 - Proceedings of the Ninth International Conference on Enterprise Information Systems, Volume EIS, Funchal, Madeira, Portugal, June 12-16, 2007*, S. 287–294.



- ISBN: 978-972-8865-90-0. URL: [http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-inf\\_4637.pdf](http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-inf_4637.pdf) (siehe S. 86).
- Krogstie, John und Arne Sølvberg (2003).  
*Information systems engineering: Conceptual modeling in a quality perspective*.  
 Kompendiumforlaget, Trondheim, Norway.  
 URL: [http://www.researchgate.net/publication/2529082\\_Information\\_Systems\\_Engineering\\_Conceptual\\_Modeling\\_in\\_a\\_quality\\_perspective](http://www.researchgate.net/publication/2529082_Information_Systems_Engineering_Conceptual_Modeling_in_a_quality_perspective) (siehe S. 23, 25).
- Landt, Jeremy (2005). „The History of RFID“. In: *Potentials, IEEE* 24.4, S. 8–11.  
 ISSN: 0278-6648. DOI: 10.1109/MP.2005.1549751 (siehe S. 93).
- Leymann, Frank (2010). „BPEL vs. BPMN 2.0: Should You Care?“  
 In: *Business Process Modeling Notation*. Bd. 67.  
 Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 8–13.  
 ISBN: 978-3-642-16297-8. DOI: 10.1007/978-3-642-16298-5\_2 (siehe S. 31, 32).
- Leymann, Frank und Dieter Roller (1999). *Production Workflow: Concepts and Techniques*.  
 Prentice Hall; 1 edition (September 18, 1999). ISBN: 978-0130217530. URL: [http://books.google.de/books/about/Production\\_workflow.html?id=Xc8eAQAAIAAJ](http://books.google.de/books/about/Production_workflow.html?id=Xc8eAQAAIAAJ)  
 (siehe S. 14).
- Ligeza, Antoni, Krzysztof Kluza und Tomasz Potempa (2014). „AI Approach to Formal Analysis of BPMN Models: Towards a Logical Model for BPMN Diagrams“.  
 In: *Advances in Business ICT*. Bd. 257. Advances in Intelligent Systems and Computing.  
 Springer International Publishing, S. 69–88. ISBN: 978-3-319-03676-2.  
 DOI: 10.1007/978-3-319-03677-9\_5 (siehe S. 61, 62).
- Malik, Saleem und Imran Sarwar Bajwa (2013).  
 „Back to Origin: Transformation of Business Process Models to Business Rules“.  
 In: *Business Process Management Workshops*. Bd. 132.  
 Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg,  
 S. 611–622. ISBN: 978-3-642-36284-2. DOI: 10.1007/978-3-642-36285-9\_61  
 (siehe S. 61, 64).
- Maué, Patrick (2008). „An extensible semantic catalogue for geospatial web services“.  
 In: *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* 3.  
 URL: [http://ifgi.uni-muenster.de/~klien/thesis/Maue\\_Diplomarbeit.pdf](http://ifgi.uni-muenster.de/~klien/thesis/Maue_Diplomarbeit.pdf)  
 (siehe S. 86).
- Mens, Tom und Pieter Van Gorp (2006). „A Taxonomy of Model Transformation“.  
 In: *Electron. Notes Theor. Comput. Sci.* 152, S. 125–142. ISSN: 1571-0661.  
 DOI: 10.1016/j.entcs.2005.10.021 (siehe S. 46).
- Meyer, Andreas et al. (2013a).  
 „Enacting Complex Data Dependencies from Activity-Centric Business Process Models.“  
 In: *Proceedings of the BPM Demo sessions 2013, Beijing, China, August 26-30, 2013*. Bd. 1021.  
 CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org. URL:  
[http://bpt.hpi.uni-potsdam.de/pub/Public/AndreasMeyer/Enacting\\_Complex\\_Data\\_Dependencies\\_from\\_Activity-centric\\_Business\\_Process\\_Models.pdf](http://bpt.hpi.uni-potsdam.de/pub/Public/AndreasMeyer/Enacting_Complex_Data_Dependencies_from_Activity-centric_Business_Process_Models.pdf)  
 (siehe S. 56, 57).
- (2013b). „Modeling and Enacting Complex Data Dependencies in Business Processes“.  
 In: *Business Process Management*. Bd. 8094. Lecture Notes in Computer Science.

- Springer Berlin Heidelberg, S. 171–186. ISBN: 978-3-642-40175-6.  
doi: 10.1007/978-3-642-40176-3\_14 (siehe S. 55, 56).
- Nalepa, Grzegorz J. (2010). „Architecture of the HeaRT Hybrid Rule Engine“.  
In: *Artificial Intelligence and Soft Computing*. Bd. 6114. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 598–605. ISBN: 978-3-642-13231-5.  
doi: 10.1007/978-3-642-13232-2\_73 (siehe S. 64).
- Nalepa, Grzegorz J. und Antoni Ligęza (2010).  
„The HeKatE Methodology. Hybrid Engineering of Intelligent Systems“.  
In: *Int. J. Appl. Math. Comput. Sci.* 20.1, S. 35–53. ISSN: 1641-876X.  
doi: 10.2478/v10006-010-0003-9 (siehe S. 63).
- Nalepa, Grzegorz J., Antoni Ligęza und Krzysztof Kaczor (2011).  
„Formalization and Modeling of Rules Using the XTT2 Method.“  
In: *International Journal on Artificial Intelligence Tools* 20.06, S. 1107–1125.  
URL: [http://www.researchgate.net/publication/220160385\\_Formalization\\_and\\_Modeling\\_of\\_Rules\\_Using\\_the\\_XTT2\\_Method](http://www.researchgate.net/publication/220160385_Formalization_and_Modeling_of_Rules_Using_the_XTT2_Method) (siehe S. 61).
- Nemuraite, Lina et al. (2010). „VETIS tool for editing and transforming SBVR business vocabularies and business rules into UML&OCL models“. In: *16th International Conference on Information and Software Technologies, Kaunas: Kaunas University of Technology*, S. 377–384. URL: [http://isd.ktu.lt/it2010/material/Proceedings/9\\_RI\\_3.pdf](http://isd.ktu.lt/it2010/material/Proceedings/9_RI_3.pdf) (siehe S. 64).
- Netjes, Mariska, Irene Vanderfeesten und Hajo A. Reijers (2006).  
„“Intelligent“ Tools for Workflow Process Redesign: A Research Agenda“.  
In: *Business Process Management Workshops*. Bd. 3812. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 444–453. ISBN: 978-3-540-32595-6.  
doi: 10.1007/11678564\_41 (siehe S. 89).
- Nüttgens, Markus und Frank J. Rump (2002).  
„Syntax und Semantik Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK)“.  
In: *Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen - Promise 2002, 9.-11. Oktober 2002, Potsdam*. LNI. GI, S. 64–77. ISBN: 3-88579-350-4.  
URL: [https://www.wiso.uni-hamburg.de/fileadmin/wiso\\_fs\\_wi/EPK-Community/Promise2002\\_Nuettgens\\_Rump.pdf](https://www.wiso.uni-hamburg.de/fileadmin/wiso_fs_wi/EPK-Community/Promise2002_Nuettgens_Rump.pdf) (siehe S. 22).
- OASIS (2007). *Web Services Business Process Execution Language Version 2.0 - OASIS Standard*.  
URL: <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.pdf> (siehe S. 19, 32, 33).
- OMG. *Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR). Version 1.2*.  
URL: <http://www.omg.org/spec/SBVR/1.2/> (siehe S. 64).
- (2005). *Core Set of BPMN Elements*.  
URL: [http://www.omg.org/bpmn/Samples/Elements/Core\\_BPMN\\_Elements.htm](http://www.omg.org/bpmn/Samples/Elements/Core_BPMN_Elements.htm) (siehe S. 17).
- (2011). *Business Process Model And Notation (BPMN) Version 2.0*.  
URL: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> (siehe S. 16–18, 22, 46, 47, 57).
- Ostermann, Simon et al. (2010).  
„A Performance Analysis of EC2 Cloud Computing Services for Scientific Computing“.  
In: *Cloud Computing*. Bd. 34. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences,

- Social-Informatics and Telecommunications Engineering. Springer Berlin Heidelberg, S. 115–131. ISBN: 978-3-642-12635-2. DOI: 10.1007/978-3-642-12636-9\_9 (siehe S. 91).
- Ouyang, Chun et al. (2006). „Translating BPMN to BPEL“.  
URL: <http://eprints.qut.edu.au/3615/> (siehe S. 31, 32).
- Paja, Elda et al. (2012). „Security Requirements Engineering for Secure Business Processes“.  
In: *Workshops on Business Informatics Research*. Bd. 106.  
Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 77–89.  
ISBN: 978-3-642-29230-9. DOI: 10.1007/978-3-642-29231-6\_7 (siehe S. 66).
- Parody, Luisa, María Teresa Gómez-López und Rafael M. Gasca (2012). „Extending BPMN 2.0 for Modelling the Combination of Activities That Involve Data Constraints“.  
In: *Business Process Model and Notation*. Bd. 125.  
Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 68–82.  
ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_6 (siehe S. 55, 57–59).
- Pietsch, Pit und Sven Wenzel (2012). „Comparison of BPMN2 Diagrams“.  
In: *Business Process Model and Notation*. Bd. 125.  
Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 83–97.  
ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_7 (siehe S. 53, 54, 89).
- Pourshahid, Alireza et al. (2009).  
„Business process management with the user requirements notation“.  
In: *Electronic Commerce Research* 9.4, S. 269–316. ISSN: 1389-5753.  
DOI: 10.1007/s10660-009-9039-z (siehe S. 14).
- Ramezani, Elham, Dirk Fahland und Wil M.P. van der Aalst (2012).  
„Where Did I Misbehave? Diagnostic Information in Compliance Checking“.  
In: *Business Process Management*. Bd. 7481. Lecture Notes in Computer Science.  
Springer Berlin Heidelberg, S. 262–278. ISBN: 978-3-642-32884-8.  
DOI: 10.1007/978-3-642-32885-5\_21 (siehe S. 93).
- Recker, Jan C. (2008). „BPMN modeling - Who, Where, How and Why“.  
In: *BPTrends* 5.3, S. 1–8.  
URL: [http://eprints.qut.edu.au/12317/1/03-08-ART-BPMN\\_Survey-Recker.pdf](http://eprints.qut.edu.au/12317/1/03-08-ART-BPMN_Survey-Recker.pdf)  
(siehe S. 9).
- (2010). „Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN“.  
In: *Business Process Management Journal* 16.1, S. 181–201.  
URL: <http://eprints.qut.edu.au/20316/> (siehe S. 21, 23, 28, 45, 62, 82, 97).
- (2012). „BPMN Research: What We Know and What We Don't Know“. In: Bd. 125.  
Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 1–7.  
ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_1 (siehe S. 21, 40, 41, 87).
- Recker, Jan C. und Jan Mendling (2006). „On the Translation between BPMN and BPEL: Conceptual Mismatch between Process Modeling Languages“.  
In: *18th International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Proceedings of Workshops and Doctoral Consortiums*. Namur University Press, S. 521–532.  
URL: <http://eprints.qut.edu.au/4637/> (siehe S. 31, 33).
- Recker, Jan C. et al. (2005). „Do Process Modelling Techniques Get Better? A Comparative Ontological Analysis of BPMN“. In: URL: <http://eprints.qut.edu.au/2879/>  
(siehe S. 9).

- (2006). „How Good is BPMN Really? Insights from Theory and Practice“. In: *14th European Conference on Information Systems*.  
URL: <http://eprints.qut.edu.au/4636/> (siehe S. 23, 26, 27).
- Recker, Jan C. et al. (2009). „Measuring Method Complexity: UML versus BPMN“. In: *15th Americas Conference on Information Systems*. Association for Information Systems.  
URL: <http://eprints.qut.edu.au/20107/> (siehe S. 23, 28).
- Reisig, Wolfgang (2013).  
„Remarks on Egon Börger: “Approaches to model business processes: a critical analysis of BPMN, workflow patterns and YAWL, SOSYM 11:305-318”“. In: *Software & Systems Modeling* 12.1, S. 5–9. ISSN: 1619-1366.  
DOI: 10.1007/s10270-012-0306-4 (siehe S. 46).
- Rinderle-Ma, Stefanie, Linh Thao Ly und Peter Dadam (2008).  
„Business Process Compliance (Aktuelles Schlagwort)“. In: *EMISA Forum*, S. 24–29. ISSN: 1610-3351. URL: <http://dbis.eprints.uni-ulm.de/467/> (siehe S. 22, 34).
- Rodríguez, Alfonso, Eduardo Fernández-Medina und Mario Piattini (2007).  
„A BPMN Extension for the Modeling of Security Requirements in Business Processes“. In: *IEICE - Trans. Inf. Syst.* E90-D.4, S. 745–752. ISSN: 0916-8532.  
DOI: 10.1093/ietisy/e90-d.4.745 (siehe S. 66, 67).
- Rodríguez, Alfonso et al. (2012). „A BPMN Extension for Including Data Quality Requirements in Business Process Modeling“. In: *Business Process Model and Notation*. Bd. 125. Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg, S. 116–125. ISBN: 978-3-642-33154-1. DOI: 10.1007/978-3-642-33155-8\_10 (siehe S. 55, 59, 60).
- Roscoe, A. W., C. A. R. Hoare und R. Bird (1997). *The Theory and Practice of Concurrency*. Prentice Hall PTR. ISBN: 0136744095.  
URL: <http://www.cs.ox.ac.uk/bill.roscoe/publications/68b.pdf> (siehe S. 30).
- Rosemann, Michael (2014). „Proposals for future BPM research directions“. In: *2nd Asia Pacific Business Process Management Conference*. Springer Verlag, S. 1–15.  
URL: <http://eprints.qut.edu.au/73310/> (siehe S. 91–93).
- Rossi, Matti und Sjaak Brinkkemper (1996).  
„Complexity Metrics for Systems Development Methods and Techniques“. In: *Inf. Syst.* 21.2, S. 209–227.  
URL: <http://doc.utwente.nl/18050/1/Rossi96complexity.pdf> (siehe S. 23, 27).
- Saleem, Muhammad Qaiser, Jafreezal B. Jaafar und Mohd Fadzil Hassan (2012).  
„A Domain-Specific Language for Modelling Security Objectives in a Business Process Models of SOA Applications.“ In: *Advances in Information Sciences & Service Sciences* 4.1. URL: [http://www.aicit.org/AISS/pp1/AISSVOL4N01P\\_P45.pdf](http://www.aicit.org/AISS/pp1/AISSVOL4N01P_P45.pdf) (siehe S. 67).
- Sarbanes, Paul und Michael G. Oxley (2002). „Sarbanes-Oxley Act“. In: *Washington DC*. URL: <http://logitax.hu/SOX.pdf> (siehe S. 22).
- Scekic, Ognjen, Hong-Linh Truong und Schahram Dustdar (2012).  
„Modeling Rewards and Incentive Mechanisms for Social BPM“. In: *Business Process Management*. Bd. 7481. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 150–155. ISBN: 978-3-642-32884-8.  
DOI: 10.1007/978-3-642-32885-5\_11 (siehe S. 74, 76).

- Schleicher, Daniel et al. (2010). „Compliance scopes: Extending the BPMN 2.0 meta model to specify compliance requirements“. In: *Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2010 IEEE International Conference on*, S. 1–8. ISBN: 978-1-4244-9802-4. DOI: 10.1109/SOCA.2010.5707154 (siehe S. 34, 35).
- Siau, Keng und Matti Rossi (2011). „Evaluation techniques for systems analysis and design modelling methods - a review and comparative analysis“. In: *Information Systems Journal* 21.3, S. 249–268. DOI: 10.1111/j.1365-2575.2007.00255.x (siehe S. 23).
- Silver, Bruce (2011). *BPMN Method and Style, 2nd Edition, with BPMN Implementer's Guide*. Cody-Cassidy Press. ISBN: 978-0982368114. URL: <http://www.openisbn.com/isbn/0982368119/> (siehe S. 17).
- Skersys, Tomas et al. (2012). „Extending BPMN Business Process Model with SBVR Business Vocabulary and Rules“. In: *ITC 41.4*, S. 356–367. ISSN: 1392-124X. DOI: 10.5755/j01.itc.41.4.2013 (siehe S. 61, 62, 64, 65).
- Stroppi, Luis Jesús Ramón, Omar Chiotti und Pablo David Villarreal (2011). „A BPMN 2.0 Extension to Define the Resource Perspective of Business Process Models“. In: *XIV Iberoamerican Conference on Software Engineering*. URL: [http://www2.dcc.ufmg.br/eventos/CIBSEpapers/2011/cibse\\_paper02.pdf](http://www2.dcc.ufmg.br/eventos/CIBSEpapers/2011/cibse_paper02.pdf) (siehe S. 86).
- Szpyrka, Marcin, Piotr Matyasik und Rafał Mrówka (2011). „Alvis - Modelling Language for Concurrent Systems“. In: *Intelligent Decision Systems in Large-Scale Distributed Environments*. Bd. 362. Studies in Computational Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, S. 315–341. ISBN: 978-3-642-21270-3. DOI: 10.1007/978-3-642-21271-0\_15 (siehe S. 52).
- Szpyrka, Marcin et al. (2012). „Proposal of Formal Verification of Selected BPMN Models with Alvis Modeling Language“. In: *Intelligent Distributed Computing V*. Bd. 382. Studies in Computational Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, S. 249–255. ISBN: 978-3-642-24012-6. DOI: 10.1007/978-3-642-24013-3\_26 (siehe S. 51, 53).
- Van der Aalst, Wil M.P. (2011). „Using Process Mining to Bridge the Gap between BI and BPM“. In: *Computer* 44.12, S. 77–80. ISSN: 0018-9162. DOI: 10.1109/MC.2011.384 (siehe S. 92).
- (2012). „A Decade of Business Process Management Conferences: Personal Reflections on a Developing Discipline“. In: *Business Process Management*. Bd. 7481. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 1–16. ISBN: 978-3-642-32884-8. DOI: 10.1007/978-3-642-32885-5\_1 (siehe S. 91).
- Van der Aalst, Wil M.P. und Arthur H.M. ter Hofstede (2005). „YAWL: Yet Another Workflow Language“. In: *Inf. Syst.* 30.4, S. 245–275. ISSN: 0306-4379. DOI: 10.1016/j.is.2004.02.002 (siehe S. 31).
- Van der Aalst, Wil M.P. et al. (2010). *Workflow Patterns Home Page*. URL: <http://www.workflowpatterns.com> (siehe S. 23, 27).
- Van Gorp, Pieter und Remco M. Dijkman (2013). „A Visual Token-based Formalization of BPMN 2.0 Based on In-place Transformations“. In: *Inf. Softw. Technol.* 55.2, S. 365–394. ISSN: 0950-5849. DOI: 10.1016/j.infsof.2012.08.014 (siehe S. 46, 47).

- Vom Brocke, Jan et al. (2011). „Current and Future Issues in BPM Research: A European Perspective from the ERCIS Meeting 2010“.  
In: *Communications of the Association for Information Systems* 28.1, S. 25.  
URL: <http://aisel.aisnet.org/cais/vol28/iss1/25/> (siehe S. 93).
- Wahl, Terje und Guttorm Sindre (2006).  
„An Analytical Evaluation of BPMN Using a Semiotic Quality Framework“.  
In: *In CAiSE'05 Workshops. Volume*, S. 533–544.  
URL: <http://ceur-ws.org/Vol-363/paper14.pdf> (siehe S. 23, 25, 26).
- Wand, Yair und Ron Weber (1995). „On the deep structure of information systems“.  
In: *Information Systems Journal* 5.3, S. 203–223. ISSN: 1365-2575.  
DOI: 10.1111/j.1365-2575.1995.tb00108.x (siehe S. 23, 26).
- Weidlich, Matthias et al. (2008). „BPEL to BPMN: The Myth of a Straight-Forward Mapping“.  
In: *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008*. Bd. 5331.  
Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 265–282.  
ISBN: 978-3-540-88870-3. DOI: 10.1007/978-3-540-88871-0\_19 (siehe S. 29, 31, 33).
- White, Stephen A. (2005). „Using BPMN to model a BPEL process“. In: *BPTrends* 3.3, S. 1–18.  
URL: <http://w.bptrends.com/publicationfiles/03-05%20WP%20Mapping%20BPMN%20to%20BPEL-%20White.pdf> (siehe S. 31, 32).
- Wohed, P. et al. (2006). „On the Suitability of BPMN for Business Process Modelling“.  
In: *Business Process Management*. Bd. 4102. Lecture Notes in Computer Science.  
Springer Berlin Heidelberg, S. 161–176. ISBN: 978-3-540-38901-9.  
DOI: 10.1007/11841760\_12 (siehe S. 9, 23, 27).
- Wolter, Christian, Michael Menzel und Christoph Meinel (2008).  
„Modelling Security Goals in Business Processes“.  
In: *In Modellierung 2008, volume P-127 of LNI*. Köllen, S. 201–216.  
URL: [http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings127/gi-proc-127-013.pdf?origin=publication\\_detail](http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings127/gi-proc-127-013.pdf?origin=publication_detail) (siehe S. 67).
- Wong, Peter Y. H. und Jeremy Gibbons (2008). „A Process Semantics for BPMN“.  
In: *Formal Methods and Software Engineering*. Bd. 5256.  
Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 355–374.  
ISBN: 978-3-540-88193-3. DOI: 10.1007/978-3-540-88194-0\_22 (siehe S. 29, 30).
- Woodard, Jason (2012). *BPM FOUNDATION*. URL: [https://wiki.smu.edu.sg/is101\\_2012/img\\_auth.php/thumb/9/9d/BPM\\_Slide7.JPG/450px-BPM\\_Slide7.JPG](https://wiki.smu.edu.sg/is101_2012/img_auth.php/thumb/9/9d/BPM_Slide7.JPG/450px-BPM_Slide7.JPG) (siehe S. 43).
- Woodcock, Jim und Jim Davies (1996). *Using Z: Specification, Refinement, and Proof*.  
Prentice-Hall, Inc. ISBN: 0-13-948472-8.  
URL: <http://www.usingz.com/text/zedbook.pdf> (siehe S. 30).
- Yan, Zhiqiang, Remco M. Dijkman und Paul Grefen (2012).  
„Business Process Model Repositories - Framework and Survey“.  
In: *Inf. Softw. Technol.* 54.4, S. 380–395. ISSN: 0950-5849.  
DOI: 10.1016/j.infsof.2011.11.005 (siehe S. 48, 49).
- Ye, JianHong et al. (2008). „Formal Semantics of BPMN Process Models Using YAWL“.  
In: *Intelligent Information Technology Application, 2008. IITA '08. Second International Symposium on*. Bd. 2, S. 70–74. ISBN: 978-0-7695-3497-8. DOI: 10.1109/IITA.2008.68 (siehe S. 29, 31).

Yokoo, M. et al. (1998).

„The distributed constraint satisfaction problem: formalization and algorithms“.

In: *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on* 10.5, S. 673–685. ISSN: 1041-4347.

DOI: 10.1109/69.729707 (siehe S. 59).

Zor, Sema, Katharina Görlach und Frank Leymann (2010).

„Using BPMN for Modeling Manufacturing Processes“.

In: *Proceedings of 43rd CIRP International Conference on Manufacturing Systems*, S. 515–522.

URL: [http://www.iaas.uni-stuttgart.de/RUS-data/INPROC-2010-48%20-](http://www.iaas.uni-stuttgart.de/RUS-data/INPROC-2010-48%20-%20Using%20BPMN%20for%20Modeling%20Manufacturing%20Processes.pdf)

[%20Using%20BPMN%20for%20Modeling%20Manufacturing%20Processes.pdf](http://www.iaas.uni-stuttgart.de/RUS-data/INPROC-2010-48%20-%20Using%20BPMN%20for%20Modeling%20Manufacturing%20Processes.pdf)

(siehe S. 25).

Zur Muehlen, Michael und Jan C. Recker (2008). „How Much Language Is Enough?

Theoretical and Practical Use of the Business Process Modeling Notation“.

In: *Advanced Information Systems Engineering*. Bd. 5074.

Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, S. 465–479.

ISBN: 978-3-540-69533-2. DOI: 10.1007/978-3-540-69534-9\_35

(siehe S. 23, 28, 29, 82, 88).

Alle URLs wurden zuletzt am 2014-09-09 geprüft.

# Akronyme und Abkürzungen

<b>BAM</b> Business Activity Monitoring.....	70
<b>BPC</b> Business Process Compliance.....	34
<b>BPEL</b> Web Services Business Process Execution Language.....	19
<b>BPM</b> Business Process Management.....	9
<b>BPMN</b> Business Process Model and Notation.....	9
<b>BPMS</b> Business Process Management System.....	15
<b>BV</b> Business Vocabulary.....	64
<b>BWW</b> Bunge-Wand-Weber.....	23
<b>CombA</b> Combination of Activities.....	58
<b>CSP</b> Communicating Sequential Processes.....	30
<b>DQ</b> Datenqualität.....	59
<b>EMF</b> Eclipse Modeling Framework.....	54
<b>EPK</b> Ereignisgesteuerte Prozessketten.....	22
<b>HeaRT</b> HeKatE Run Time.....	64
<b>IAS</b> Information Assurance & Security.....	67
<b>ISO</b> International Organization for Standardization.....	16
<b>Java EE</b> Java Enterprise Edition.....	75
<b>MMIAS</b> Multi-dimensional Model of IAS.....	68



<b>MOF</b> Meta Object Facility .....	64
<b>OASIS</b> Organization for the Advancement of Structured Information Standards .....	19
<b>OMG</b> Object Management Group .....	16
<b>RFID</b> Radio Frequency Identification .....	93
<b>SBVR</b> Semantics of Business Vocabulary and Rules .....	61
<b>SOA</b> Service-Oriented Architecture .....	19
<b>SOX</b> Sarbanes-Oxley Act .....	22
<b>SQF</b> Semiotic Quality Framework .....	23
<b>TOGAF</b> The Open Group Architecture Framework .....	86
<b>UML</b> Unified Modeling Language .....	22
<b>WebML</b> Web Modeling Language .....	75
<b>WPF</b> Workflow Patterns Framework .....	23
<b>XML</b> Extensible Markup Language .....	33
<b>XPath</b> XML Path Language .....	33
<b>XTT2</b> eXtended Tabular Trees .....	61
<b>YAWL</b> Yet Another Workflow Language .....	31

### **Erklärung**

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

---

Ort, Datum, Unterschrift