

# **Vereinigung von detaillierten Teilmodellen in einer flexiblen Enterprise Architecture zur übergreifenden Analyse**

Ableitung des Bedarfs an Handlungen für einen durch  
Kennzahlen beschriebenen Untersuchungskontext

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
**Doktor der Ingenieurwissenschaften**  
**(Dr.-Ing.)**

der Technischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Thomas Stuh

Kiel

2018

1. Gutachter :

Prof. Dr. Andreas Speck  
Technische Fakultät  
Institut für Informatik  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

2. Gutachter :

Prof. Dr. Bogdan Franczyk  
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
Institut für Wirtschaftsinformatik  
Universität Leipzig

Datum der mündlichen Prüfung : 10. Juli 2019

# Kurzfassung

In Unternehmen haben sich Modelle zu Dokumentationszwecken bewährt. So werden Modelle etwa zur Darstellung der IT-Architektur oder der Geschäftsprozesse eingesetzt. Allerdings existieren sie in der Praxis oftmals losgelöst voneinander. Durch die zunehmende Informationsverarbeitung und Digitalisierung in den Unternehmen reicht jedoch eine getrennte Betrachtung nicht mehr aus. Dies liegt darin begründet, dass die Komplexität durch die Zunahme von Abhängigkeiten zwischen Elementen verschiedener Bereiche immer größer wird. Das vielfältige Zusammenspiel der Unternehmensbestandteile muss bei Entscheidungsprozessen berücksichtigt werden und erfordert daher eine übergreifende Betrachtung.

Eine Unternehmensarchitektur bzw. Enterprise Architecture (EA) eignet sich, um eine solche übergreifende Sichtweise herzustellen. Die EA enthält hauptsächlich nur aggregierte Inhalte, die zudem von den EA-Verantwortlichen gesondert manuell erstellt werden. Damit ist die EA ein weiteres Datensilo neben den vorhandenen Modellen. Durch das Fehlen detaillierter Informationen in der EA sind außerdem die Möglichkeiten einer ganzheitlichen Analyse begrenzt.

Die vorliegende Arbeit entwickelt daher ein Gesamtkonzept, um bestehende Detailinhalte zu vernetzen, sowie um eine übergreifende Analyse zu ermöglichen. Die Analysen erfordern diesbezüglich auch die Berücksichtigung entsprechender Datenwerte (z. B. Kosten und Zeiten).

Die Teilmodelle entstehen oftmals isoliert voneinander und verfügen dann über keine direkten Verbindungen untereinander. Eine Indirektstufe eignet sich dazu, die Teilmodelle, mit geringem Aufwand, lose über Modellgrenzen hinweg zu verknüpfen. Zugleich dient ein einfaches EA-Vokabular als neutrale Begriffsschicht, unter der sich die Teilmodelle einordnen. Die Technologien des Semantic Web bieten spezifische Vorzüge, weshalb sie für dieses Szenario der Datenintegration geeignet sind.

Es entsteht so eine integrierte Datenbasis, die sich als Ebene oberhalb der Datenquellen positioniert und nicht als gesondertes Datensilo. Ausgehend von dieser Datenbasis erfolgt die übergreifende Analyse, in der alle Inhalte kombiniert werden können. Zur Konkretisierung des Ansatzes fokussiert sich die Arbeit auf die Ableitung des Bedarfs an Handlungen (z. B. Optimierungen) für einen durch die Analyse festlegbaren Kontext. Dieser Einsatzzweck hat zugleich eine hohe Praxisrelevanz. Mit der Importance-Performance-Analyse wird hierzu ein bestehendes Verfahren aus dem Qualitätsmanagement von Dienstleistungen entliehen und auf das Umfeld der EA-Analyse übertragen. Die Berechnung basiert hierbei auf flexibel zu beschreibenden Kennzahlen, bei deren Definition das EA-Vokabular verwendet wird. Als Ergebnis werden Gesamtratings für alle Untersuchungsobjekte ausgewiesen. Diese Ratings erlauben für jedes Untersuchungsobjekt den Rückschluss auf einen eventuellen Handlungsbedarf und dessen Dringlichkeit. Auch die Analyse basiert auf Technologien des Semantic Web.

Als Nachweis der Realisierbarkeit wurde das Gesamtkonzept im Rahmen eines Prototyps umgesetzt. Der Einsatz des Konzepts wird innerhalb eines umfassenden, praxisnahen Anwendungsfalls einer Digitalisierungsinitiative bei einer Versicherung veranschaulicht.



# Abstract

Models have proven their value for documentation purposes in organizations. They can be used, for example, to represent the IT architecture or the business processes. However, these models are often independent from one another in practice. As a result of the advancing use of information processing and digitalization in organizations, an isolated consideration of these models is no longer sufficient. This is due to the fact that the growth of dependencies between elements of different domains results in an increased complexity. Decision-making processes must take the varied interaction of these elements into account. This requires an overall view.

An enterprise architecture (EA) can be used to enable such an overall view. The EA mainly includes aggregated information which is created manually by the persons responsible for the EA. An EA is thus another data silo in addition to the existing models. The absence of detailed information in the EA limits the scope of holistic analysis.

This thesis therefore develops an overall approach to integrate the existing detailed information and to enable a holistic analysis. The analysis considers in particular also the relevant data values (for example costs and time).

The sub-models often develop isolated from each other and are thus not interconnected. An indirection is able to easily establish a loose connection of these sub-models across the different models. In addition, a simple EA vocabulary is used as a neutral terminology layer which brings together these different sub-models. Semantic Web technologies offer specific advantages and are therefore suitable for this data integration scenario.

This results in an integrated data pool which represents a level on top of the single data sources. The data pool is not just another data silo. The holistic analysis is based on this data pool and can combine all contents of the data pool.

In order to make the developed approach more concrete, this thesis focuses on the deduction of the need for actions (e.g. optimization) for a specified context individually determined by the analysis. This scenario has a high degree of practical relevance. For this purpose, the „Importance Performance Analysis“ has been adopted, which already exists in the context of quality management of services. And in this thesis it has been furthermore transposed to the EA analysis context. The analysis is based on key indicators using the EA vocabulary. As a result, an overall rating is then evaluated for each object being examined. These ratings allow conclusions to be drawn for each examined object about the potential need to act and the degree of urgency. This analysis is also based on Semantic Web technologies.

To prove its feasibility the approach presented in this thesis has been implemented as a prototype. The use of the approach is described in a comprehensive application case dealing with the digitalization at an insurance company.



# Vorwort

Bei allen Personen, die mich während der Arbeit am vorliegenden Thema begleitet und unterstützt haben, möchte ich mich zu Beginn dieser Arbeit herzlich bedanken. Im Besonderen gilt mein Dank meinem Betreuer Prof. Dr. Andreas Speck für seine Unterstützung. Er war und ist mir bei der Anfertigung der Arbeit wie auch darüber hinaus stets ein geschätzter Gesprächspartner und Ratgeber. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Bogdan Franczyk für die Begutachtung dieser Arbeit bedanken.

Diese Arbeit entstand parallel zu meiner Tätigkeit bei der Firma PPI AG, wodurch die vorliegende Arbeit neben der universitären Basis auch eine praktische Grundlage vereint. Mein Dank gilt damit auch der PPI AG, welche mir die notwendigen Rahmenbedingungen geboten hat, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Persönlich gilt mein Dank meinen damaligen und aktuellen Vorgesetzten, die mich während meiner beruflichen Laufbahn bei der PPI AG begleitet und gefördert haben.

Für den fachlichen Austausch und die Unterstützung innerhalb der Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik am Institut für Informatik an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, möchte ich mich ebenfalls herzlich bedanken. Im Besonderen bei Dr.-Ing. Sven Feja und Sören Witt.

Zudem möchte ich mich bei meinen Kollegen der PPI AG für die Zusammenarbeit in diesem Themenumfeld, etwa in Projekten, sowie für ihre Unterstützung und die stets konstruktiven Diskussionen bedanken. Im Speziellen möchte ich hierbei Tobias Kohl, Robert Schnittger, Markus Junge, Dr. Stefan Rieß, Maria Krüger und Julian Schmidt erwähnen.

Einen besonderen Stellenwert hatte und hat für mich die große Unterstützung durch meine Familie. Ohne sie und ihre Begleitung wäre die Arbeit unter diesen Rahmenbedingungen nicht möglich gewesen. Deshalb möchte ich mich bei ihnen zutiefst bedanken.

Hamburg, den 10. Dezember 2018

Thomas Stucht



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>Vorwort</b>	<b>vii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>ix</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xv</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xix</b>
<b>Formelverzeichnis</b>	<b>xxi</b>
<b>Verzeichnis der Listings</b>	<b>xxiii</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>xxv</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>xxvii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Hinführung zur Problemstellung . . . . .	1
1.2 Problemstellung . . . . .	2
1.3 Zielsetzung der Arbeit . . . . .	4
1.4 Einführendes Beispiel . . . . .	6
1.5 Aufbau der Arbeit . . . . .	7
<b>I Grundlagen</b>	<b>11</b>
<b>2 Enterprise Architectures und ihr Einsatz als Teil einer Managementdisziplin</b>	<b>13</b>
2.1 Enterprise Architecture . . . . .	13
2.1.1 Begriffsklärung Enterprise Architecture . . . . .	13
2.1.2 Wesentliche Merkmale einer Enterprise Architecture . . . . .	18
2.1.2.1 Trennung von IT und Geschäft . . . . .	18
2.1.2.2 Inhaltliche Vielfalt . . . . .	21
2.1.2.3 Aggregierte und detaillierte Informationen . . . . .	23
2.1.2.4 EA-Verständnis für diese Arbeit . . . . .	24
2.1.3 Einsatzmöglichkeiten einer Enterprise Architecture . . . . .	25
2.1.4 Teile einer Enterprise Architecture . . . . .	26
2.1.4.1 Strukturierung der Enterprise Architecture mittels Schichten . . . . .	27
2.1.4.2 Capabilities in der Detailbetrachtung . . . . .	31
2.2 Enterprise Architecture Management . . . . .	35

2.2.1	Begriffsklärung Enterprise Architecture Management . . . . .	35
2.2.2	Kontext des EAM-Einsatzes . . . . .	37
<b>3</b>	<b>Ausprägungen von Analyseverfahren für Enterprise Architectures</b>	<b>41</b>
3.1	Grobklassifizierung von Analysen im EA-Umfeld . . . . .	41
3.2	Einordnung der Analysen und Abgrenzung . . . . .	42
3.2.1	Überblick über verbreitete Analysen . . . . .	42
3.2.2	Capability-basierte Analysen . . . . .	46
3.2.3	Kennzahlen im Kontext einer EA . . . . .	48
3.3	Erkennung des Bedarfs an Handlungen auf Basis einer EA . . . . .	49
<b>4</b>	<b>Grundkonzepte der Technologien des Semantic Web</b>	<b>53</b>
4.1	Klassische Ansätze zur Integration mehrerer Datenquellen . . . . .	53
4.1.1	Traditionelle Integrationsansätze . . . . .	53
4.1.2	Einschränkungen der traditionellen Ansätze . . . . .	54
4.2	Verständnis des Semantic Web und seiner Technologien . . . . .	55
4.3	Bausteine und Technologien des Semantic Web . . . . .	58
4.3.1	Graphbasiertes Datenmodell und Adressierung . . . . .	58
4.3.2	Resource Description Framework (RDF) . . . . .	60
4.3.3	Resource Description Framework Schema (RDFS) . . . . .	61
4.3.4	Schlussfolgern von neuem Wissen . . . . .	63
4.3.5	Anfrage- und Manipulationssprache SPARQL Protocol And RDF Query Language (SPARQL) . . . . .	65
4.4	Vernetzung von Daten mittels der Technologien des Semantic Web . . . . .	68
4.4.1	Repräsentation von Datenwerten . . . . .	68
4.4.2	Ontologien im Kontext des Semantic Web . . . . .	70
4.4.3	Simple Knowledge Organization System (SKOS) . . . . .	71
4.4.4	Matching der Ontologien und der Daten . . . . .	74
4.4.5	Integration von Datenquellen . . . . .	76
<b>II</b>	<b>Vernetzung und Analyse</b>	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>Vernetzung von isolierten Teilarchitekturen</b>	<b>83</b>
5.1	Ausgangssituation sowie Potenziale der Nutzung und Analyse einer EA . . . . .	83
5.2	Isolierte Teilarchitekturen als Basis einer EA . . . . .	85
5.2.1	Herausforderungen bei der Erstellung einer EA . . . . .	85
5.2.2	EA-Erstellung durch Kombination bestehender Teilarchitekturen . . . . .	87
5.3	Merkmale einer Vernetzung und Analyse von EA-Modellen . . . . .	91
5.4	Relevanz der Technologien des Semantic Web für den Einsatz in einem Unter- nehmen . . . . .	94
5.5	Kritische Würdigung der Eignung von Semantic-Web-Technologien für eine EA	95
5.6	Übersicht über EA-Vernetzungsansätze mit Fokus auf das Semantic Web . . . . .	98
5.7	Vernetzungskonzept auf Basis der Technologien des Semantic Web in der Übersicht	103
5.7.1	Hintergrund des Vorgehens zur Vernetzung . . . . .	103
5.7.2	Schritte des Vernetzungsvorgehens . . . . .	105
5.8	Überbrücken der isolierten Teilarchitekturen . . . . .	109
5.8.1	Festlegung der Zuordnungselemente . . . . .	109

5.8.2	Anreichern der Teilarchitekturen um die Zuordnungselemente . . . . .	111
5.8.3	Umgang mit Datenwertquellen . . . . .	114
5.8.4	Überführung in ein gemeinsames Datenmodell . . . . .	116
5.9	Vernetzung und Zusammenführung der Informationen in einer integrierten Datenbasis . . . . .	119
5.9.1	Abgrenzung des EA-Vokabulars zur gängigen Verwendung eines EA-Metamodells . . . . .	119
5.9.1.1	Beschreibung eines EA-Vokabulars mit SKOS . . . . .	120
5.9.1.2	Erweiterung zu einem dynamisch angereicherten Vokabular . . . . .	124
5.9.2	Einbindung der Datenquellen . . . . .	126
5.9.3	Matching der Datenquellen mit dem EA-Vokabular . . . . .	128
5.9.3.1	Übersicht über die Erstellung von Mappings zwischen den Datenquellen und dem EA-Vokabular . . . . .	128
5.9.3.2	Konzeptionelle Betrachtung der Mappingdefinitionen . . . . .	130
5.9.3.3	Aufbau der Mappings . . . . .	133
5.9.4	Ausführung der Mappings . . . . .	138
5.9.4.1	Mappingebene: Klassen und Konzepte . . . . .	139
5.9.4.2	Formulierung von Beschränkungen einer Mappingdefinition . . . . .	140
5.9.4.3	Mapping der Prädikate im Kontext einer Klasse . . . . .	141
5.9.4.4	Spezifikation der Schlüsseleigenschaften . . . . .	143
5.9.4.5	Ausführung der Inferenzregeln . . . . .	144
<b>6</b>	<b>Analysegrundlagen und Betrachtung eines Verfahrens zur Qualitätsbeurteilung</b>	<b>147</b>
6.1	Integrierte Datenbasis als Grundlage für Analysen . . . . .	147
6.2	Übersicht über bestehende EA-Analyseansätze . . . . .	149
6.2.1	EA-Analyseansätze auf Basis von Technologien des Semantic Web . . . . .	150
6.2.2	EA-Analyseansätze ohne Bezug zu Technologien des Semantic Web . . . . .	153
6.2.3	Zusammenfassende Betrachtung der EA-Analyseansätze . . . . .	156
6.3	Herausforderungen beim Ableiten des Handlungsbedarfs in einem bestimmten Kontext . . . . .	157
6.4	Ableitung des Bedarfs an Handlungen im Qualitätsmanagement bei Dienstleistungen . . . . .	159
6.4.1	Dienstleistungen und deren Qualität . . . . .	160
6.4.2	Importance-Performance-Analyse-Matrix (IPA-Matrix) . . . . .	162
6.4.3	Importance-Performance-Analyse-Rating (IPA-Rating) . . . . .	165
6.5	Abstraktionsebene und übergreifende Untersuchungsobjekte . . . . .	168
6.5.1	Wahl der Untersuchungsobjekte . . . . .	168
6.5.2	Festlegung einer Gewichtung der Untersuchungsobjekte . . . . .	169
<b>7</b>	<b>Flexible Ratingmethodik zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen</b>	<b>175</b>
7.1	Einordnung und Motivation der Ratingmethodik . . . . .	175
7.2	Eignung der IPA für die EA-Analyse . . . . .	179
7.3	Übertragung des IPA-Ratings auf die übergreifende EA-Analyse . . . . .	182
7.4	Definition von Kennzahlen und Kategorien . . . . .	187
7.4.1	Kennzahlen definieren . . . . .	187
7.4.2	Kategorien definieren . . . . .	195
7.5	Berechnung und Interpretation des Ratings . . . . .	196

7.5.1	Vorbetrachtungen zur Berechnung . . . . .	196
7.5.2	Berechnung der Kennzahlen . . . . .	201
7.5.2.1	Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und Instanzen ableiten . . . . .	201
7.5.2.2	Berechnung der Kennzahlformeln . . . . .	210
7.5.2.3	Umwandlung der Formelergebnisse in Performance-Werte bei Zielfunktion-Kennzahlen . . . . .	222
7.5.3	Berechnung der Kategorie- und Gesamtratings . . . . .	231
7.5.4	Interpretation des Ratings . . . . .	236
7.6	Kritische Würdigung der Vernetzungs- und Analysemethodik . . . . .	240
<b>III Umsetzung und Evaluation</b>		<b>251</b>
<b>8</b>	<b>Prototypische Umsetzung des Ansatzes</b>	<b>253</b>
8.1	Überblick über die Varianten einer prototypischen Umsetzung . . . . .	253
8.1.1	Grundaspekte des Ansatzes als Leitlinien für einen Prototyp . . . . .	253
8.1.2	Alternative Szenarien einer prototypischen Umsetzung . . . . .	254
8.2	Integration in ein bestehendes Werkzeug: Archi . . . . .	256
8.2.1	ArchiMate: Sprache zur Modellierung von Enterprise Architectures . . . . .	256
8.2.2	Archi: Modellierung von ArchiMate-Modellen . . . . .	257
8.2.3	Diskussion der abweichenden Einsatzkontexte der Anwendung Archi und des Ansatzes zur Vernetzung und Analyse . . . . .	258
8.2.4	Integration in Archi . . . . .	260
8.3	Eigenständiger Prototyp: EAAP (Enterprise Architecture Analysis Platform) . . . . .	265
8.3.1	Übersicht über den Prototyp . . . . .	265
8.3.2	Datenquelle einbinden . . . . .	267
8.3.3	Alignment erstellen . . . . .	268
8.3.4	Gewichtung festlegen . . . . .	269
8.3.5	Analyse definieren und ausführen . . . . .	270
8.3.6	Analyseergebnis anzeigen . . . . .	272
<b>9</b>	<b>Anwendungsfall: Digitalisierung bei einer Versicherung</b>	<b>273</b>
9.1	Einführung in den Anwendungsfall . . . . .	273
9.2	Ausgangslage und Zielsetzung der Pfefferminzia Versicherung . . . . .	277
9.3	Herangehensweise und Einschränkungen beim klassischen EA-Einsatz . . . . .	280
9.4	Anwendbarkeit des vorgestellten Vernetzungs- und Analyseansatzes . . . . .	280
9.5	Vorgehen des Vernetzungs- und Analyseansatzes beim Anwendungsfall . . . . .	281
9.5.1	Gestaltung des EA-Vokabulars . . . . .	282
9.5.2	Festlegung der Zuordnungselemente und Überführung in RDF . . . . .	283
9.5.3	Überführung der Teilmodelle in RDF-Repräsentationen . . . . .	286
9.5.4	RDF-Repräsentationen in der Datenbasis zusammenführen . . . . .	291
9.5.5	Untersuchungsobjekte und ihre Gewichtung . . . . .	294
9.5.6	Festlegung der Kennzahlen zur Formalisierung von Teilzielen der Digitalisierungsinitiative . . . . .	295
9.5.7	Berechnung und Interpretation des Ratingergebnisses . . . . .	300
9.5.8	Ableitung des Bedarfs an Handlungen . . . . .	304

<b>10 Schlussfolgerungen</b>	<b>309</b>
10.1 Zusammenfassung . . . . .	309
10.2 Ergebnisse . . . . .	310
10.3 Ausblick . . . . .	312
<b>Anhang I Datenquellen des Anwendungsfalls und ihre Vernetzung</b>	<b>315</b>
I.1 Ausschnitt des EA-Vokabulars der Pfefferminzia in SKOS . . . . .	316
I.2 Beispielprozess modelliert mit ADONIS . . . . .	318
I.3 Beispielprozess modelliert mit Camunda Modeler . . . . .	319
I.4 Ausschnitt der RDF-Repräsentation der ADONIS-Prozessmodelle . . . . .	320
I.5 Ausschnitt aus dem D2RQ-Mapping-File für iTOP . . . . .	321
I.6 Ausschnitt der RDF-Repräsentation von den iTOP-Daten . . . . .	323
I.7 Ausschnitt der RDF-Repräsentation der Xymon-Statistiken . . . . .	324
I.8 Mappings zwischen BPMN-Quelle und EA-Vokabular . . . . .	325
I.9 Detailansicht eines Mappings zwischen BPMN-Konzept und Vokabularkonzept	326
<b>Anhang II Kennzahlen des Anwendungsfalls und ihre Analyse</b>	<b>327</b>
II.1 Kennzahlen der Pfefferminzia zur Bewertung der Geschäftsfunktionen . . . . .	328
II.2 Auszug aus den Ratingergebnissen für die Geschäftsfunktionen . . . . .	329
II.3 Detailansicht der Teilratings für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ . .	330
<b>Literatur</b>	<b>331</b>



# Abbildungsverzeichnis

1.1	Zielsetzung der vorliegenden Arbeit . . . . .	4
1.2	Einführungsbeispiel: Outsourcing-Potenziale der Muster Bank . . . . .	6
1.3	Gliederungsstruktur der vorliegenden Arbeit . . . . .	8
2.1	Berücksichtigung verschiedener Dimensionen im Rahmen der ganzheitlichen Betrachtung in einer Enterprise Architecture; nach [Jon+06, S. 64] . . . . .	15
2.2	Architekturbeschreibungen und die EA abstrahieren von der Komplexität der realen Welt; nach [BB12, S. 215] . . . . .	23
2.3	Schematische Darstellung der EA-Metamodell-Vielfalt und der unternehmensindividuellen Ausprägungen . . . . .	27
2.4	Nur aggregierte Informationen und Bezüge aus den einzelnen Domänen werden in die Enterprise Architecture übernommen; nach [WF07, S. 9] . . . . .	29
2.5	Ausschnitt des VAA-Modells für die Komponenten einer Versicherung; nach [AKV01, S. 15] . . . . .	33
2.6	Übersicht über mögliche EAM-Stakeholder; nach [Han12, S. 89] . . . . .	38
3.1	Schematische Darstellung einer Heat Map mit farblicher Codierung der Flächen und Umrandungen der Capabilities; in Anlehnung an [Mer06, S. 8-9] . . . . .	47
4.1	Verallgemeinerte Architektur zur Integration von Informationen; nach [Ull00, S. 199] . . . . .	54
4.2	Tripel bestehend aus Subjekt, Objekt und einem Prädikat als Beziehung dazwischen; nach [CWL14] . . . . .	58
4.3	Nutzung von RDF und Technologien des Semantic Web zur Integration von Informationen in einem kombinierten Wissensmodell; in Anlehnung an [Heb+09, S. 304] . . . . .	77
5.1	Entkopplung von fachlicher Architektur und IT-Architektur durch Alignment-Architektur; nach [AW09, S. 180] . . . . .	89
5.2	Unterscheidung des verbreiteten EA-Verständnisses und des neu beschriebenen Vernetzungsansatzes bezüglich der Zusammenstellung einer EA . . . . .	105
5.3	Kapitelstruktur - Kapitel 5: Fokus auf Vernetzung . . . . .	105
5.4	Ablauf der Vernetzung; in Anlehnung an [SS16, S. 280], inhaltlich erweitert . . . . .	106
5.5	Etablierte Architektur im Kontext des Semantic Web zur Integration verschiedener Datenquellen in eine Wissensbasis; nach [Heb+09, S. 468] . . . . .	108
5.6	Unterscheidung der Zuordnungselemente in Konzept- und Instanzebene . . . . .	109
5.7	Einfügen der Zuordnungsinstanzen in die Domänenmodelle . . . . .	111
5.8	Schematische Darstellung der Einbindung von den Zuordnungsinstanzen in ein BPMN-Prozessmodell . . . . .	113
5.9	Behandlung der Quellen für Datenwerte . . . . .	115
5.10	Überführung der Quellen in das gemeinsame Datenmodell RDF . . . . .	116

5.11 Nutzung des EA-Vokabulars als neutrale Sprachschicht anstelle der Begriffswelten einzelner Teilarchitekturen . . . . .	120
5.12 Festlegung und automatische Anreicherung des EA-Vokabulars . . . . .	120
5.13 Beschreibung der zentralen EA-Begriffe und deren Bezüge in Form eines EA-Vokabulars mittels SKOS . . . . .	122
5.14 Automatische Anreicherung des EA-Vokabulars um Strukturinformationen für einen standardisierten Zugriff . . . . .	125
5.15 Varianten bezüglich der Einbindung von Datenquellen . . . . .	127
5.16 Schematische Darstellung des Matchings der Quellen mit dem EA-Vokabular . .	129
5.17 Detaillierte Darstellung eines Beispiels für ein Matching-Szenario mit mehreren Quellen und einem EA-Vokabular; nach [SS16, S. 283] . . . . .	131
5.18 Bestandteile einer Mappingdefinition . . . . .	134
5.19 Umwandlung der Mappingdefinitionen in Inferenzregeln und anschließende Ausführung zur Etablierung der integrierten Datenbasis . . . . .	139
5.20 Zusammensetzung der integrierten Datenbasis aus bestehendem und neu abgeleitetem Wissen . . . . .	144
6.1 Kapitelstruktur - Kapitel 6: Fokus auf die Analyse im Allgemeinen . . . . .	148
6.2 IPA-Matrix mit vier Quadranten; nach [MJ77, S. 78] . . . . .	163
6.3 IPA-Matrix ergänzt um eine diagonale Trennlinie zur Strategiewahl; nach [HR85, S. 21] . . . . .	164
6.4 Die Detaildaten werden im Rahmen der Analyse auf die Untersuchungsobjekte bezogen, für welche die bestehenden Zuordnungsinstanzen verwendet werden können . . . . .	169
6.5 Komponenten der individuellen Berechnungsvorschrift für die Gewichtung von Untersuchungsobjekten . . . . .	171
6.6 Untersuchungsobjekte können ein individuelles Gewicht erhalten oder ein Gewicht entlang der Hierarchie erben . . . . .	172
6.7 Variablenwerte sowie berechnete Gewichtungen werden an den Untersuchungsobjekten abgelegt . . . . .	173
6.8 Untersuchungsobjekte ohne individuelle Variablenwerte erben von Objekten höherer Hierarchieebenen mit vorliegender Gewichtung . . . . .	173
7.1 Kapitelstruktur - Kapitel 7: Fokus auf die Analyse des Handlungsbedarfs . . . .	175
7.2 Individuelle Gesamtratings pro Untersuchungsobjekt . . . . .	183
7.3 Überblick über die Erweiterung des IPA-Ratings für die Analyse der integrierten EA-Datenbasis . . . . .	184
7.4 Der Aufbau der Kennzahlen unterscheidet sich je nach Kennzahlart (Indikator oder Zielfunktion) . . . . .	189
7.5 Übersicht über den logischen Aufbau und die Bestandteile einer Kennzahl . . .	190
7.6 Logischer Aufbau der Kategoriedefinition . . . . .	196
7.7 Die Ermittlung des Ratings erfolgt in vier Schritten . . . . .	197
7.8 EA-Vokabularkonzepte als Referenzpunkte in die Datenbasis hinein und als Unterstützung bei der Ableitung von Verbindungen . . . . .	200
7.9 Ableitung von direkten Verbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und Instanzen von Vokabularkonzepten mit Relevanz für Kennzahlen . . . . .	202

7.10	Zwei Ausprägungen des Termtyps „Eigenschaft“, bezogen auf die Art der Wertreferenzierung . . . . .	205
7.11	Betrachtung ausgewählter Szenarien bei der Ermittlung von Direktverbindungen zu Instanzen, ausgehend von den zugehörigen Untersuchungsobjekten . . . . .	207
7.12	Ergebnis der Ermittlung von Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und den in enger Beziehung zu diesen Objekten stehenden Instanzen . . .	210
7.13	Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen werden zentral an einer spezifischen Instanz abgelegt, bei Zielfunktion-Kennzahlen hingegen erfolgt dies am jeweiligen Untersuchungsobjekt . . . . .	212
7.14	Nutzung einer zusätzlichen Aggregationsebene zur Zusammenfassung von Datenwerten in Abhängigkeit ihrer Zugehörigkeit zu dieser Ebene . . . . .	220
7.15	Übernahme der berechneten Formelergebnisse als Performance-Werte bei der „Value“-Ausprägung und Neuanlage von Statements . . . . .	223
7.16	Umwandlung der berechneten Formelergebnisse in Performance-Werte gemäß der „Max“-Ausprägung . . . . .	224
7.17	Umwandlung der berechneten Formelergebnisse in Performance-Werte gemäß der „Min“-Ausprägung . . . . .	225
7.18	Abbildung der Formelberechnungen bei der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl auf Performance-Werte . . . . .	225
7.19	Abbildung der Formelberechnungen bei der „Min“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl auf Performance-Werte . . . . .	228
7.20	Berechnung der Kategorieratings individuell pro Untersuchungsobjekt, bestehend aus einzelnen Kennzahlratings . . . . .	232
7.21	Berechnung der Gesamtratings pro Untersuchungsobjekt, unter Einbeziehung der gewichteten Kategorieratings . . . . .	235
7.22	Fiktives Beispiel einer Analyse von vier Untersuchungsobjekten mit Angabe der Gesamtratings und den gewichteten Kategorieratings . . . . .	237
7.23	Einordnung des vorgestellten Analyseansatzes; Basisstruktur nach [BMS09, S. 68], ergänzt um eine eigene farbliche Hervorhebung zur Darstellung der Einordnung des Ansatzes . . . . .	241
8.1	Charakteristik des Ansatzes mit den wesentlichen Bestandteilen und ihren Zusammenhängen . . . . .	254
8.2	Screenshot mit dem Aufbau der Anwendung Archi . . . . .	258
8.3	Übersicht über die notwendigen Schritte zur Integration des Ansatzes in das Werkzeug Archi . . . . .	260
8.4	Vereinfachte Übersicht über die Architektur des Prototyps EAAP zur Realisierung des vorgestellten Ansatzes . . . . .	266
8.5	Screenshot der grafischen Erstellung des Alignments zwischen einem Quellmodell und dem EA-Vokabular . . . . .	269
8.6	Screenshot der Definition einer Kennzahl . . . . .	271
9.1	Drei Praxisprojekte bei Versicherungsunternehmen dienen als Grundlage für den Anwendungsfall „Pfefferminzia“ . . . . .	275
9.2	Ausgangssituation und Zielsetzung des Anwendungsfalls als Synthese mehrerer Praxisprojekte im EA-Kontext . . . . .	277

---

9.3	Strukturierung von Digitalisierungsvorhaben durch das „Digitalisierungsrad“ der PPI AG; nach [PPI18b]	279
9.4	EA-Vokabular der Pfefferminzia als Mindmap	283
9.5	Screenshot von OpenRefine und der RDF-Erweiterung mit der Beschreibung der RDF-Struktur für die importierte Liste der Zuordnungselemente	285
9.6	Darstellung der relevanten Datenquellen der Pfefferminzia als Ausgangspunkte für die integrierte Datenbasis	287
9.7	Vereinfachte Darstellung der Mappings zwischen BPMN-Konzepten und EA-Vokabular sowie der Festlegung von Schlüsseleigenschaften und Restriktionen	292
9.8	Konkretisierung der Digitalisierungsstrategie durch drei Kategorien und entsprechenden Teilzielen	296
9.9	Ausgestaltung der Kennzahl „Automatisierungsgrad Tätigkeiten“	297
9.10	Ausgestaltung der Kennzahl „IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit“	299
I.1	Beispielprozess „Rückversicherung abschließen“ modelliert mit ADONIS	318
I.2	Beispielprozess „K-Vertragsdaten ändern“ modelliert mit Camunda Modeler	319
I.3	Mappings zwischen BPMN-Quelle und EA-Vokabular im EAAP-Prototyp	325
I.4	Detailansicht eines Mappings zwischen einem BPMN-Konzept und einem Vokabularkonzept im EAAP-Prototyp	326
II.1	Ausschnitt der Ratingergebnisse für die Geschäftsfunktionen der Pfefferminzia im EAAP-Prototyp	329
II.2	Teilratings auf Detailebene für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ der Pfefferminzia im EAAP-Prototyp	330

# Tabellenverzeichnis

5.1	Übersicht Ansätze EA-Abbildung/-Vernetzung . . . . .	102
6.1	Übersicht EA-Analyseansätze mit Bezug zum Semantic Web . . . . .	153
6.2	Übersicht EA-Analyseansätze ohne Bezug zum Semantic Web . . . . .	156
9.1	Auflistung der Geschäftsfunktionen von der Pfefferminzia Versicherung . . . . .	284
9.2	Auflistung der Gewichtungsfaktoren für die Kategorien . . . . .	300
9.3	Ratingergebnisse für die Geschäftsfunktionen der Pfefferminzia . . . . .	302
9.4	Detailergebnisse für Untersuchungsobjekt „Vertragsverwaltung“ in der Kategorie „Industrialisierung“ (Gewicht: 5) . . . . .	303
9.5	Detailergebnisse für Untersuchungsobjekt „Vertragsverwaltung“ in der Kategorie „Infrastruktur“ (Gewicht: 3) . . . . .	304
9.6	Detailergebnisse für Untersuchungsobjekt „Vertragsverwaltung“ in der Kategorie „Kundenbasis“ (Gewicht: 1) . . . . .	304



# Formelverzeichnis

6.1	Globale Beurteilung als funktionale Kombination von Einzelbeurteilungen nach [Siehe Hen00, S. 297] . . . . .	161
6.2	IPA: Berechnung eines Ratingwerts für ein bestimmtes Attribut . . . . .	166
6.3	IPA: Ermittlung der Gesamtratings aus den Einzelratings der Attribute (angelehnt an [KG13, S. 273]) . . . . .	167
7.1	Beispiel einer Indikator-Kennzahl . . . . .	191
7.2	Beispiel einer Zielfunktion-Kennzahl . . . . .	191
7.3	Auszug der Formel aus einer Indikator-Kennzahl . . . . .	212
7.4	Lineare Funktion nach [Siehe GR13, S. 77] . . . . .	226
7.5	Lineares Gleichungssystem für Maximierung-Fall: Erste Gleichung . . . . .	226
7.6	Lineares Gleichungssystem für Maximierung-Fall: Zweite Gleichung . . . . .	226
7.7	Auflösen der zweiten Gleichung des linearen Gleichungssystems nach $b$ im Maximierung-Fall . . . . .	226
7.8	Auflösen der ersten Gleichung des linearen Gleichungssystems nach $a$ im Maximierung-Fall . . . . .	226
7.9	Ersetzen von $a$ zur Ermittlung von $b$ im Maximierung-Fall . . . . .	226
7.10	Funktionsvorschrift im Maximierung-Fall . . . . .	227
7.11	Beispiel: Abbildungsvorschrift für „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl . . . . .	227
7.12	Lineares Gleichungssystem für Minimierung-Fall: Erste Gleichung . . . . .	228
7.13	Lineares Gleichungssystem für Minimierung-Fall: Zweite Gleichung . . . . .	228
7.14	Auflösen der zweiten Gleichung des linearen Gleichungssystems nach $b$ im Minimierung-Fall . . . . .	228
7.15	Auflösen der ersten Gleichung des linearen Gleichungssystems nach $a$ im Minimierung-Fall . . . . .	228
7.16	Ersetzen von $a$ zur Ermittlung von $b$ im Minimierung-Fall . . . . .	229
7.17	Funktionsvorschrift im Minimierung-Fall . . . . .	229
7.18	Beispiel: Abbildungsvorschrift für „Min“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl . . . . .	229
7.19	Funktionsvorschrift im Value-Fall . . . . .	230
7.20	Berechnung eines Ratings bezüglich einer Zielfunktion-Kennzahl für ein Untersuchungsobjekt . . . . .	233
7.21	Berechnung eines Kategorieratings . . . . .	233
7.22	Berechnung des Gesamtratings . . . . .	235
9.1	Gewichtungsfunktion der Pfefferminzia Versicherung . . . . .	294
9.2	Berechnung eines Ratingwertes für eine Kennzahl . . . . .	303



# Verzeichnis der Listings

4.1	Städtebeispiel in der Turtle-Syntax . . . . .	61
4.2	Fortführung Städtebeispiel: Klassenbildung und Instanzen in RDFS . . . . .	62
4.3	Schlussfolgerung bezüglich rdfs:subClassOf; siehe [HP14] . . . . .	64
4.4	SELECT-Anfrage in SPARQL zum Städtebeispiel . . . . .	67
4.5	CONSTRUCT-Anfrage in SPARQL zum Städtebeispiel . . . . .	67
4.6	Fortführung Städtebeispiel: Ergänzung der Literale . . . . .	69
4.7	Fortführung Städtebeispiel: Ergänzung des Ansatzes „value container“ . . . . .	70
4.8	Beispiel eines SKOS-Vokabulars . . . . .	73
4.9	Verbindung des SKOS-Vokabulars mit dem Städtebeispiel . . . . .	73
5.1	Allgemeiner Aufbau einer Inferenzregel . . . . .	138
5.2	Mapping von Klassen (Schnittmenge) auf ein Vokabularkonzept . . . . .	139
5.3	Abbildung von Klassen (Schnittmenge) auf ein Vokabularkonzept, ergänzt um zusätzliche Beschränkungen . . . . .	140
5.4	Mapping eines einfachen Prädikats . . . . .	141
5.5	Mapping eines Datenwerts . . . . .	142
5.6	Mapping eines einfachen Wertes (ohne angegebenen Quelldatentyp) . . . . .	142
5.7	Spezifikation der Schlüsseleigenschaft . . . . .	143
5.8	Statement-Erzeugung zur Aussage der Gleichheit - erste Richtung . . . . .	145
5.9	Statement-Erzeugung zur Aussage der Gleichheit - entgegengesetzte Richtung . . . . .	145
6.1	Berechnungsvorschrift des Gewichts als Inferenzregel . . . . .	172
7.1	Beispiel für die Überführung der Formel einer Zielfunktion-Kennzahl in SPARQL-Syntax . . . . .	212
7.2	Grobstruktur CONSTRUCT-Abfrage für eine Indikator-Kennzahl . . . . .	213
7.3	Grobstruktur CONSTRUCT-Abfrage für eine Zielfunktion-Kennzahl . . . . .	213
7.4	Grobstruktur zur Ermittlung eines Termtyp-Zwischenergebnisses . . . . .	214
7.5	Variablenbelegung: Fester Wert . . . . .	215
7.6	Variablenbelegung: Indikator-Kennzahl . . . . .	215
7.7	Variablenbelegung: Gewichtungsergebnis . . . . .	215
7.8	Variablenbelegung: Gewichtungsvariable . . . . .	215
7.9	Variablenbelegung: Vokabularkonzept - Indikator . . . . .	216
7.10	Variablenbelegung: Vokabularkonzept - Zielfunktion . . . . .	217
7.11	Variablenbelegung: Eigenschaft - Indikator . . . . .	217
7.12	Variablenbelegung: Eigenschaft - Zielfunktion - Variante 1 (direkte Referenzie- rung) . . . . .	218
7.13	Variablenbelegung: Eigenschaft - Zielfunktion - Variante 2 (indirekte Referen- zierung) . . . . .	218
7.14	Ergänzte Grobstruktur CONSTRUCT-Anfrage für Indikator-Kennzahl . . . . .	220

---

7.15	Ergänzte Grobstruktur CONSTRUCT-Anfrage für Zielfunktion-Kennzahl . . .	221
7.16	Grobstruktur CONSTRUCT-Anfrage zur Umwandlung der Formelergebnisse einer Zielfunktion-Kennzahl in Performance-Werte . . . . .	231
7.17	Abbildungsvorschrift für Performance-Werte bei der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl in SPARQL-Syntax . . . . .	231
9.1	Auszug der RDF-Repräsentation der Zuordnungselemente im XML-Format . .	286
9.2	Ausschnitt der integrierten Datenbasis für das Beispiel „Bestandsführungssystem“	292
I.1	Ausschnitt des EA-Vokabulars der Pfefferminzia in SKOS als XML-Repräsen- tation . . . . .	316
I.2	Ausschnitt der RDF-Repräsentation für die ADONIS-Prozessmodelle . . . . .	320
I.3	Ausschnitt des D2RQ-Mapping-Files für die iTop-Datenbank . . . . .	321
I.4	Ausschnitt der RDF-Repräsentation von der iTop-Datenbank . . . . .	323
I.5	Ausschnitt der RDF-Repräsentation der Xymon-Statistiken . . . . .	324

# Abkürzungsverzeichnis

<b>ADL</b>	ADONIS Definition Language
<b>ANTLR</b>	Another Tool For Language Recognition
<b>BaFin</b>	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
<b>BPMN</b>	Business Process Model And Notation
<b>CIO</b>	Chief Information Officer
<b>DB</b>	Datenbank / Database
<b>DBMS</b>	Datenbankmanagementsystem / Database Management System
<b>EA</b>	Enterprise Architecture
<b>EAM</b>	Enterprise Architecture Management
<b>EPK</b>	Ereignisgesteuerte Prozesskette
<b>ETL</b>	Extract-Transform-Load (bezüglich <i>ETL</i> -Prozess)
<b>FPA</b>	Function-Point-Analyse
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment
<b>IFPUG</b>	International Function Point Users Group
<b>IPA</b>	Importance-Performance-Analyse
<b>IRI</b>	Internationalized Resource Identifier
<b>IT</b>	Informationstechnik
<b>Kfz</b>	Kraftfahrzeug
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator
<b>LGPL</b>	GNU Lesser General Public License
<b>MaRisk</b>	Mindestanforderungen an das Risikomanagement
<b>OWL</b>	Web Ontology Language
<b>QUDT</b>	Quantities, Units, Dimensions and Data Types Ontologies
<b>RCP</b>	Rich Client Platform
<b>RDF</b>	Resource Description Framework
<b>RDFS</b>	Resource Description Framework Schema
<b>SKOS</b>	Simple Knowledge Organisation System
<b>SOA</b>	Service-Oriented Architecture
<b>SPARQL</b>	SPARQL Protocol And RDF Query Language
<b>SQL</b>	Structured Query Language
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>URI</b>	Uniform Resource Identifier
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator
<b>VAA</b>	Versicherungs-Anwendungs-Architektur
<b>W3C</b>	World Wide Web Consortium
<b>WWW</b>	World Wide Web
<b>XML</b>	Extensible Markup Language



# Symbolverzeichnis

$a$	Parameter
$b$	Parameter
$f$	Funktion
$GesamtR_j$	Gesamtratingwert für Untersuchungsobjekt $j$ über alle Kategorien
$GewichtKat_p$	Gewichtungsfaktor der Kategorie $p$
$GR$	Gesamtratingwert für das Objekt oder die Dienstleistung
$i$	Index
$I_k$	Importance-Wert für Attribut/Kennzahl $k$
$Importance$	Importance/Bedeutung
$j$	Index
$k$	Index
$KatR_{jp}$	Rating der Kategorie $p$ bezüglich des Untersuchungsobjekts $j$
$m$	Anzahl
$M_{ijk}$	Beurteilung des Qualitätsmerkmals $k$ bei Leistung $j$ durch den Konsumenten $i$
$Maximum$	Größter vorkommender Wert
$Minimum$	Kleinster vorkommender Wert
$n$	Anzahl
$p$	Index
$P_{jk}$	Performance-Wert für Kennzahl $k$ bezüglich Untersuchungsobjekt $j$
$P_k$	Performance-Wert für das Attribut $k$
$Performance$	Performance/Leistung/Zufriedenheit
$q$	Anzahl
$Q_{ij}$	Globales Qualitätsurteil des Konsumenten $i$ bezüglich Leistung $j$
$r$	Anzahl
$\mathbb{R}$	Menge der reellen Zahlen
$R_{jk}$	Rating für die Kennzahl $k$ bezüglich des Untersuchungsobjekts $j$
$R_{jpk}$	Rating für die Kennzahl $k$ in der Kategorie $p$ für das Untersuchungsobjekt $j$
$R_k$	Rating für das Attribut $k$ bezüglich eines Objekts oder Dienstleistung
$Rating$	Ratingwert
$x$	Wert
$y$	Funktionswert



# 1 Einleitung

*Unternehmen sind durch eine wachsende Komplexität geprägt. Oftmals ist daher ein Zusammenspiel aller Bereiche notwendig. Enterprise Architectures können die Mitarbeiter in verschiedenen Aufgabengebieten durch eine ganzheitliche Sichtweise unterstützen. Allerdings sind mit ihrem Einsatz Herausforderungen verbunden.*

*Das Kapitel erläutert zunächst die Problemstellung. Daraus leitet sich die Zielsetzung dieser Arbeit ab, die mit einem Beispiel verdeutlicht wird. Schließlich erfolgt eine Beschreibung, wie die Arbeit aufgebaut ist.*

---

1.1	Hinführung zur Problemstellung . . . . .	1
1.2	Problemstellung . . . . .	2
1.3	Zielsetzung der Arbeit . . . . .	4
1.4	Einführendes Beispiel . . . . .	6
1.5	Aufbau der Arbeit . . . . .	7

---

## 1.1 Hinführung zur Problemstellung

Informationen besitzen für Unternehmen eine hohe Relevanz. Sie sind als Produktions- und Wettbewerbsfaktor sowie als Bestandteil der Unternehmensführung anerkannt [Stellvertretend siehe Pic89; und siehe Sch89]. Damit ist auch gemeint, die unternehmerische Tätigkeit durch Informationen zu unterstützen [Siehe Krc15, S. 15]. Hierfür ist es notwendig, den Informationsbedarf zu erheben und das Informationsangebot zu bilden, möglicherweise durch Verbindung unterschiedlicher Informationsquellen [Siehe Krc15, S. 5, 121 ff.]. Es sollen somit Informationen vernetzt werden, um einen bestimmten Zweck zu erreichen [Siehe RK96].

Essenziell ist folglich die Frage, wie die Informationen aus den verschiedenen Quellen geeignet integriert werden können, um ein homogenes Informationsangebot für das Unternehmen bereitzustellen. Es reicht jedoch nicht aus, die Informationen nur bereitzuhalten. Die Mitarbeiter müssen diese auch hinsichtlich ihrer Kompetenzen oder des technischen Zugangs nutzen können [Siehe PRR12, S. 17].

Die Informationsverarbeitung spielt bei Dienstleistungsunternehmen eine besonders große Rolle. Schließlich agieren sie mit immateriellen Gütern und erbringen damit Dienstleistungen [Siehe Tho+17, S. 4-6, 22 ff.]. In dieser Arbeit stammen die Beispiele aus der Finanzdienstleistungsbranche, da der Autor eigene Erfahrungen aus der Berufspraxis einbringen kann. Gleichwohl sind die Ergebnisse dieser Arbeit nicht auf diesen Bereich beschränkt.

Typische Finanzdienstleister sind Banken und Versicherungen. Die Informationsverarbeitung nimmt dort einen erheblichen Anteil am Wertschöpfungsprozess ein [Vgl. Asc10b, S. 15].

Zur Realisierung geschäftlicher Abläufe ist eine komplexe Vernetzung von IT-Komponenten, Organisationseinheiten sowie Personen innerhalb und außerhalb des Unternehmens erforderlich [Vgl. Dic10; Vgl. SWS13, S. 1]. Das Zusammenspiel dieser vielfältigen Bestandteile führt zu einer hohen Komplexität. Nachfolgend stehen Informationen über diese und weitere Bestandteile des Unternehmens im Fokus der Betrachtung. Ergänzende Informationen dazu können u. a. Kosten oder Zeiten sein. Es entsteht eine komplexe Gesamtstruktur.

Ein Ansatz für den Umgang mit dieser Komplexität ist der Einsatz von Modellen [Stellvertretend vgl. Jon+06, S. 63 ff.; und vgl. SWS13, S. 25 ff.]. Die Realität wird unmittelbar oder abstrahiert übernommen und mit relevanten Merkmalen in Modellen abgebildet [Vgl. SWS13, S. 25 ff.; Vgl. Lan13, S. 47-48]. Die Form der Modelle kann unterschiedlich sein, von textbasierten bis hin zu grafischen Varianten auf Basis festgelegter Elemente [Siehe SWS13, S. 32-36]. Grafische Architekturmodelle werden in den Unternehmensbereichen bevorzugt genutzt und können verschiedene Inhalte dokumentieren, wie z. B. die IT-Landschaft [Siehe EW08, S. 10].

Verflechtungen von Hardware, Software, Prozessen und weiteren Unternehmensbestandteilen nehmen durch z. B. die strategische Neuausrichtung eines Unternehmens oder die Auswirkungen der Digitalisierung weiter zu. Das abgestimmte Management dieser Bestandteile wird nochmals komplexer. Auch sind das Wettbewerbsumfeld, eine wachsende Komplexität der IT, geänderte Geschäftsanforderungen und Auswirkungen neuer Gesetze weitere Ursachen für eine komplexer werdende Abstimmung [Siehe SWS13, S. 9; Siehe WLF14, S. 1]. Eine isolierte Betrachtung einzelner Bestandteile genügt nicht mehr, wie etwa der Prozesse. Es ist eine Gesamtbetrachtung erforderlich [Siehe SWS13, S. 9]. Somit sind ganzheitliche Ansätze notwendig, die das gesamte Unternehmen betrachten [Siehe Lan13, S. 303]. Die isolierte Untersuchung muss einer übergreifenden Untersuchung weichen. Dies führt zu einer weiteren Steigerung der Komplexität, da auch die Analyse komplexer wird.

Für die ganzheitliche Modellierung eines Unternehmens sind mehrere Begriffe gebräuchlich: *Unternehmensmodellierung* [Siehe SWS13], *Unternehmensarchitektur* [Stellvertretend siehe ARW08] und die englische Bezeichnung *Enterprise Architecture* (EA) [Stellvertretend siehe Lan13]. Dies sind eigene Modelle mit einer abstrahierten Gesamtsicht, die neben den detaillierten Modellen der einzelnen Unternehmensbereiche bestehen. Wobei nach [Siehe SWS13, S. 2] die Modellierung nicht nur auf (privatwirtschaftliche) Unternehmen, sondern auch auf andere Arten von Organisationen anwendbar ist, etwa des öffentlichen Sektors. Auch diese Arbeit folgt dem erweiterten Verständnis von Unternehmen.

Eine EA kann sehr unterschiedlich gestaltet sein. Es existieren viele Gestaltungsrahmen, in denen etwa die Aufteilung in Schichten sowie mögliche Konzepte vorgeben sind [Vgl. Mat11]. Damit einhergehend ergeben sich auch unterschiedliche Inhaltsschwerpunkte, wie z. B. ein starker IT-Fokus, was jedoch zulasten einer ganzheitlichen Sichtweise geht [Vgl. Sch09, S. 404-406]. Zudem können in der Praxis unternehmensindividuelle Ausprägungen beobachtet werden.

Eine EA bietet damit vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Sie kann komplexe Zusammenhänge auf Unternehmensebene dokumentieren und spezifische Fragestellungen untersuchen. Auch kann sie das strategische Management des Unternehmens unterstützen [Siehe Jon+06, S. 64].

Die Grundgedanken einer EA sind zwar in Wissenschaft und Wirtschaft verbreitet, aber die EA-Nutzung wird stets noch als junge Disziplin mit Entwicklungsbedarf gesehen [Siehe Lan13, S. 303; Siehe WLF14, S. 1-2; Siehe San+16, S. 225-236]. Es dominieren Nutzungsszenarien einer EA zur reinen Modellierung und Dokumentation [Siehe Lan13, S. 305]. Allerdings fehlt es auch an der geeigneten, einfachen Einbindung des breiten Anwenderkreises innerhalb eines Unternehmens, um diese Nutzungspotenziale für das Unternehmen insgesamt zu realisieren [Siehe San+16, S. 225-236].

## 1.2 Problemstellung

Der Kontext einer EA kann, wie aufgezeigt, sehr umfangreich sein. Daher wird für diese Arbeit der Kontext eingegrenzt und nachfolgend die im Fokus stehende Problemstellung vorgestellt.

In den einzelnen Bereichen eines Unternehmens, den Domänen, ist die Nutzung von Modellen zur Dokumentation weitgehend verbreitet, etwa von IT-Architekturen oder von Geschäftsprozessen. Allerdings werden die Architekturmodelle in der Regel isoliert in den einzelnen Bereichen eingesetzt [Siehe EW08, S. 8-9]. Zudem kann auch die Dokumentationsform in den Domänen voneinander abweichen, etwa durch Verwendung unterschiedlicher Modellierungssprachen [Siehe Lan13, S. 75].

Diese detaillierten Domänenmodelle werden üblicherweise in eigenständigen Werkzeugen dokumentiert und gepflegt [Siehe WF07, S. 11-12]. Ihre Inhalte in das übergreifende EA-Modell zu überführen, wird aber durch die verschiedenen Ausgestaltungen der Modelle erschwert [Siehe Lan13, S. 45-46].

In der Praxis ist zudem zu beobachten, dass diese Modelle über Bereichsgrenzen hinweg kaum abgestimmt oder vernetzt sind. So fehlt es häufig an gemeinsamen Konzepten oder direkten Bezügen zwischen den Modellelementen. Zum Beispiel kommen in einem Prozessmodell keine direkten Bezüge auf verwendete Applikationen vor oder in IT-Architekturmodellen gibt es keine direkten Verbindungen zu Geschäftsprozessen.

Andererseits besteht oft die Grundannahme, dass in einer EA nur aggregierte Informationen aufgenommen werden [Siehe WF07, S. 8-9]. Entsprechend fokussieren sich viele Werkzeuge [Vgl. Mat+08] und EA-Rahmenwerke [Vgl. Mat11] auf die Dokumentation aggregierter Inhalte. Detaillierte Informationen liegen eventuell in Teilmodellen (Domänenmodelle) vor, können aber aufgrund der Gegensätze von Detaillierung und Abstraktion nicht automatisch in die EA übernommen werden [Siehe Far+13]. Somit dominiert in der Praxis eine manuelle Erstellung und Pflege der EA, was aufwendig ist [Siehe Bar10a, S. 49 ff.; Siehe Far+11, S. 329-330].

Das erste Problem besteht somit zusammengefasst darin, dass detaillierte Inhalte in eigenständigen Anwendungen vorliegen, aber eine zentrale Vereinigung dieser Informationen nicht besteht. Daraus folgt als zweites Problem, dass eine EA nur als ein zusätzliches Informationssilo neben den bestehenden Inhalten existiert und meist manuell gepflegt werden muss.

Übergreifende Untersuchungen bleiben auf die im EA-Werkzeug abgelegten, abstrahierten Informationen beschränkt. Diese Einschränkung stellt ein weiteres Problem dar. Ein direktes Einbeziehen von Informationen aus anderen Systemen ist kaum möglich. Dies definiert folglich die möglichen Grenzen von Untersuchungen auf Basis einer EA.

Gerade die Durchführung von Analysen ermöglicht es, die EA nicht nur zur Dokumentation, sondern auch im Rahmen des Managements zu nutzen. Die Mehrzahl veröffentlichter Analyseansätze fokussiert sich jedoch dabei nur auf die Struktur der EA. Hierzu zählen etwa Abhängigkeitsanalysen zur Betrachtung von Elementzusammenhängen [Siehe Nie05, S. 131]. Insgesamt wird dem Bereich EA-Analyse weiterer Forschungsbedarf attestiert, speziell hinsichtlich übergreifender Analyseansätze auf Basis von Kennzahlen [Siehe BMS10, S. 404-405]. Dies lässt sich auch aus eigener Praxiserfahrung bestätigen. So werden solche Ansätze nachgefragt, sind aber nur eingeschränkt vorhanden.

Eines der zentralen Probleme ist somit die sehr geringe Ausprägung von ganzheitlichen Untersuchungen mittels Kennzahlen. Ein damit verbundenes Problem ist, dass Datenwerte häufig nicht in die EA übernommen werden. Somit können diese Informationen (z. B. Kosten oder Zeiten) nicht für detaillierte Analysen verwendet werden.

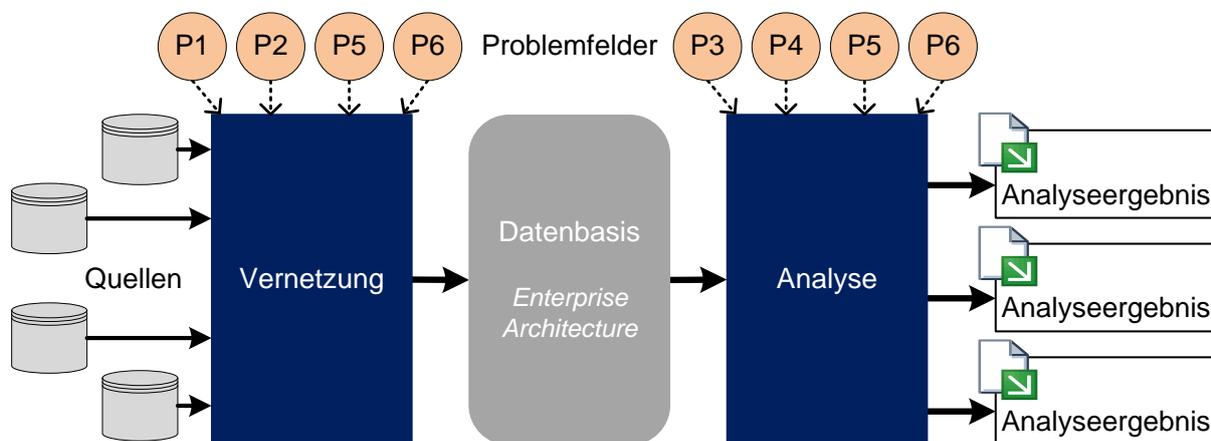
Schließlich ist auf den notwendigen Aufwand hinzuweisen, der bei bestehenden EA-Ansätzen erforderlich ist. So bedarf es für kleine und mittlere Unternehmen Ansätze, welche nur einen geringen Aufwand verursachen [Siehe BMS10, S. 401]. Der große Aufwand stellt somit ein zusätzliches Problem dar. Dies wird auch durch die individuellen Ausprägungen der Unternehmensarchitekturen verursacht.

### 1.3 Zielsetzung der Arbeit

In der Problemstellung konnten sechs Problemfelder identifiziert werden, die nachfolgend zusammengefasst sind:

- P1** Bestehende Inhalte liegen in isolierten Systemen vor und sind nicht vereinigt
- P2** EA muss gesondert erzeugt und gepflegt werden
- P3** Übergreifende Analysen sind auf abstrahierte EA-Informationen beschränkt
- P4** Kennzahlenbasierte Analysen mit ganzheitlichem Fokus sind nur eingeschränkt verfügbar
- P5** Datenwerte sind oft nicht in der EA vorhanden und somit bei Analysen nicht verfügbar
- P6** Etablierung eines individuellen EA-Vorgehens ist aufwendig

Diese Problemfelder lassen sich zwei Themenkomplexen zuordnen. P1 und P2 betreffen die *Vernetzung* bestehender Quellen, bei der Informationen in einer Datenbasis vereint werden. P3 und P4 können der *Analyse* zugeordnet werden. Sie betreffen Aspekte, wie die Inhalte der Datenbasis aus übergreifender Sicht und unter Verwendung von Kennzahlen ausgewertet werden können. P5 betrachtet, wie die detaillierten Datenwerte einerseits bei der Vernetzung berücksichtigt und andererseits bei der Analyse einbezogen werden können. Auch das Problemfeld P6 bezieht sich sowohl auf die Vernetzung als auch auf die Analyse, da in beiden Fällen eine einfache Bedienung relevant ist. Zusätzlich muss jeweils die Individualität des konkreten EA-Vorgehens berücksichtigt werden. Diese Zusammenhänge sind in der Abbildung 1.1 dargestellt.



**Abbildung 1.1:** Zielsetzung der vorliegenden Arbeit (Quelle: Eigene Darstellung)

Vernetzung und Analyse sind gleichermaßen erforderlich. Mit der Vernetzung wird die grundlegende Datenbasis geschaffen, in der die bestehenden Daten integriert werden sollen. Über die reine Dokumentation hinaus bedeuten Analysen einen zusätzlichen Nutzen für den EA-Einsatz, etwa im strategischen Management des Unternehmens. Aus diesem Grund entwickelt diese Arbeit ein Gesamtkonzept zur Vernetzung und Analyse.

Das erste Teilziel des Vernetzungskonzepts ist dabei, dass die Datenbasis durch Integration der bestehenden Inhalte entstehen soll. Die Datenbasis nimmt somit zwar die Rolle einer EA ein, wird aber nicht gesondert als nebenstehendes Datensilo manuell aufgebaut. Ein weiteres Teilziel besteht darin, dass alle geeigneten Detailinformationen der Quellen in die integrierte

Datenbasis eingehen sollen, wozu auch die Datenwerte zählen. Dabei muss der Ansatz flexibel mit verschiedenen Quellen umgehen können. Dies betrifft deren Aufbau ebenso wie eventuell abweichende Begriffsverständnisse. Außerdem soll es das Konzept ermöglichen, auch kaum oder nicht vernetzte Modelle innerhalb der Datenbasis zu verknüpfen. Damit können Zusammenhänge zwischen Informationen hergestellt werden. Die Datenbasis soll im Ergebnis mittels einer gemeinsamen Begriffssammlung zugreifbar sein. Schließlich soll der benötigte Aufwand für die Etablierung und Pflege der EA begrenzt sein. Zusammengefasst adressieren diese Teilziele die zuvor genannten Probleme P1, P2, P5 und P6.

Daneben soll die Entwicklung des Analysekonzepts erfolgen, welches auf der zuvor erstellten Datenbasis aufsetzt. Zentrales Teilziel ist es hierbei, kennzahlenbasierte Auswertungen zu ermöglichen. Die Analysen sollen ganzheitlich erfolgen und alle relevanten Perspektiven gemeinsam berücksichtigen können. Es ist auch ein Ziel, dass die detaillierten Inhalte mit den Datenwerten in Kennzahlenberechnungen verwendet werden können. Damit wird angestrebt, dass die Analysen trotz ihrer ganzheitlichen Ausrichtung detaillierte Aussagen liefern können. Das Analysekonzept soll hinreichend flexibel sein, um mit der jeweils entstehenden Datenbasis zusammenarbeiten zu können. Bedingt durch die unternehmensindividuelle Ausprägung der Datenbasis, soll der Ansatz auf der zuvor zusammengestellten Begriffssammlung aufsetzen und die benötigten Analysen durchführen können. Schließlich ist auch hier anzustreben, dass der Aufwand zur Definition der Kennzahlen und Analysen beschränkt und für einen Nutzer intuitiv möglich ist. Der Ansatz soll sich nicht nur für fest vorgegebene Untersuchungen eignen, sondern auch Freiheitsgrade für zukünftig entstehende Fragen besitzen [Zustimmend vgl. Nie05, S. 141]. Insgesamt gesehen decken die formulierten Teilziele des Analysekonzepts somit die zuvor genannten Probleme P3, P4, P5 und P6 ab. Kein Gegenstand dieser Arbeit ist die Durchführung von Usability-Betrachtungen.

Werden die formulierten Ziele zusammen betrachtet, dann ergibt sich folgende Frage als Leitmotiv für die vorliegende Arbeit:

*Wie lassen sich isolierte Teilmodelle lose koppeln und auf dieser Basis ganzheitliche EA-Analysen durchführen?*

Grundlegendes Ziel für das Analysekonzept ist es somit, ein breites Spektrum ganzheitlicher Analysen zu ermöglichen. Allerdings könnte die vorliegende Arbeit, ohne konkretes Analyseziel, die Konzeption nur allgemein beschreiben. Daher soll sich das zu entwickelnde Analysekonzept auf die Ableitung des Bedarfs an möglichen Handlungen fokussieren. Die Kennzahlen operationalisieren dabei den genauen Untersuchungskontext, vor dessen Hintergrund der Bedarf jeweils zu bestimmen ist. Grundlegend ist somit ein recht freies Verständnis des Untersuchungskontexts, der ausgehend vom jeweiligen Untersuchungszweck unterschiedlich ausgeprägt sein kann.

Diese Konkretisierung soll auch die unmittelbare Anwendbarkeit des zu entwickelnden Gesamtkonzepts sicherstellen. Zusätzlich soll auch die Realisierung des Vernetzungs- und Analysekonzepts als Software-Prototyp erfolgen. Aus dieser Präzisierung folgt das übergreifende Ziel der Arbeit, gleichzeitig deren Titel:

*Vereinigung von detaillierten Teilmodellen in einer flexiblen  
Enterprise Architecture zur übergreifenden Analyse:  
Ableitung des Bedarfs an Handlungen für einen durch  
Kennzahlen beschriebenen Untersuchungskontext*

## 1.4 Einführendes Beispiel

Um die erläuterte Problemstellung und die Zielsetzung der Arbeit zu veranschaulichen, wird in diesem Abschnitt ein Beispielszenario vorgestellt. Das Beispiel dient zur Einführung und soll das Gesamtkonzept zur Vernetzung und Analyse einordnen. Hierzu nutzt dieser Abschnitt ein vereinfachtes Szenario zum Thema Outsourcing. Eine detaillierte Darstellung des fachlichen Hintergrunds ist somit nicht erforderlich.

Kapitel 9 stellt hingegen einen umfangreicheren Anwendungsfall mit einem anderen Themenhintergrund aus der Versicherungsbranche vor. Dort geht es um die Digitalisierung eines Versicherungsunternehmens. Das Gesamtkonzept ist folglich nicht auf einen einzelnen Untersuchungszweck beschränkt.

Für das nachfolgende Einführungsbeispiel sei ein fiktives Kreditinstitut „Muster Bank“ angenommen. Der Vorstand beschäftigt sich mit der Frage, ob für einzelne Unternehmensfunktionen ein Outsourcing sinnvoll ist. Er erhofft sich damit Effizienzvorteile und eine Verbesserung der Servicequalität.

Allerdings sind bei einer Auslagerung auch strikte rechtliche Rahmenbedingungen zu beachten, wie sie etwa in [Vgl. Bun16] benannt sind. Zugleich gibt es Beschränkungen, dass bestimmte Funktionen nicht ausgelagert werden dürfen.

Insgesamt sollen somit nur diejenigen Unternehmensfunktionen näher in Vorstudien betrachtet werden, wo eine Auslagerung überhaupt zulässig ist und zudem tatsächlich ein erheblicher Handlungsbedarf besteht. Ein Handlungsbedarf ist in diesem Kontext vorhanden, wenn eine deutliche Veranlassung für ein Outsourcing vorliegt. Durch den Fokus auf relevante Unternehmensfunktionen wird unnötiger Aufwand durch viele Vorstudien vermieden.

Diese Voruntersuchung des Handlungsbedarfs soll aus ganzheitlicher Sicht erfolgen, um verschiedene Perspektiven zu berücksichtigen. In Abbildung 1.2 sind schematisch die zu berücksichtigenden Informationsquellen dargestellt. Im Verlauf der Arbeit wird ein Gesamtkonzept entwickelt, um mit einer solchen Vielfalt an unterschiedlichen Informationen umzugehen und flexible Analysen zu ermöglichen.

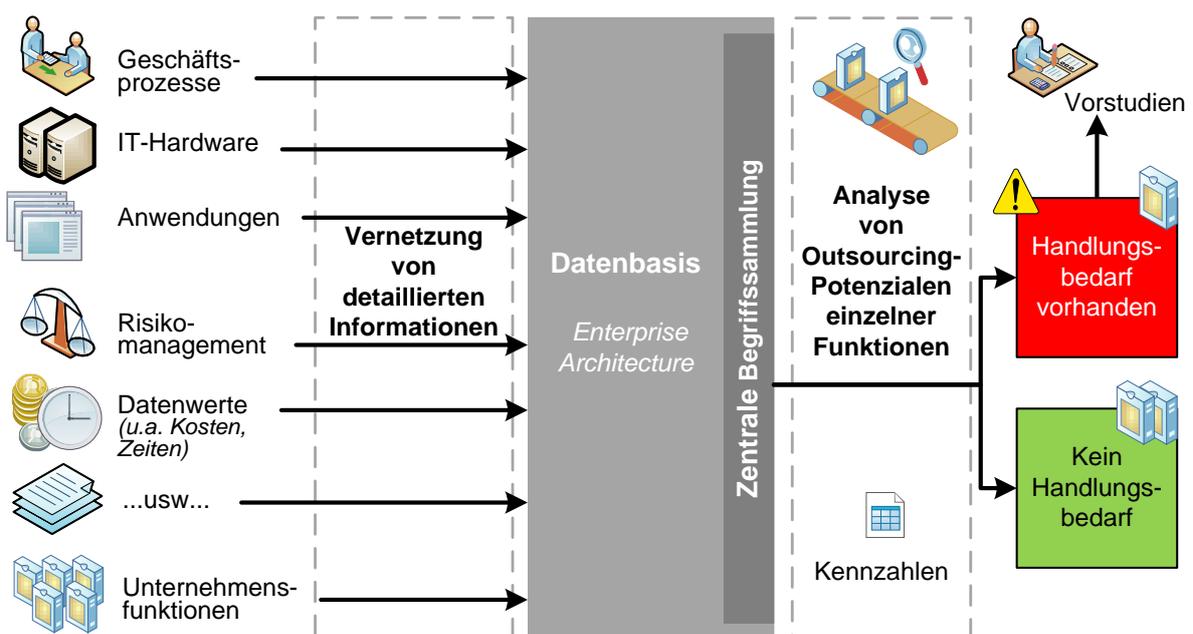


Abbildung 1.2: Einführungsbeispiel: Outsourcing-Potenziale der Muster Bank (Quelle: Eigene Darstellung)

Hierzu sind die bestehenden Informationsquellen in einer gemeinsamen Datenbasis zu integrieren und zu vernetzen (siehe Kapitel 5). Danach ist festzulegen, für welche Objekte eine Analyse durchgeführt werden soll (siehe Kapitel 6). Und schließlich wird ein Konzept benötigt, das die Analysen auf Basis definierbarer Kennzahlen ausführen kann (siehe Kapitel 7).

Die Kennzahlen operationalisieren dabei den Untersuchungsanlass, sodass jeweils geprüft werden kann, ob ein Handlungsbedarf für den vorliegenden Kontext besteht. Im Beispielszenario der „Muster Bank“ beschreiben daher die Kennzahlen die Kriterien für eine eventuelle Auslagerung. Die Berechnung soll auf der integrierten Datenbasis erfolgen. Im Ergebnis ist für die unterschiedlichen Unternehmensfunktionen jeweils zu ermitteln, ob ein dringender Handlungsbedarf in Form einer Auslagerung besteht. In dem Fall würden gezielte Vorstudien das weitere Vorgehen untersuchen.

Das Beispiel verdeutlicht somit die erwähnten Problembereiche. So liegen die Quellen in getrennten Anwendungen, isoliert voneinander vor und unterscheiden sich zudem in ihrem Begriffsverständnis. Somit soll die Datenbasis aus diesen bestehenden Quellen zusammengestellt und unter einer zentralen Begriffssammlung zugreifbar gemacht werden. Die kennzahlenbasierte Analyse soll anschließend aus ganzheitlicher Sicht alle Informationen kombinieren und auf dieser Basis eine übergreifende Aussage treffen können. Wie im Beispiel dargestellt, spielen dabei die Datenwerte, wie Kosten und Zeiten, eine wichtige Rolle. Eine Beschränkung nur auf strukturelle Aspekte ist nicht ausreichend.

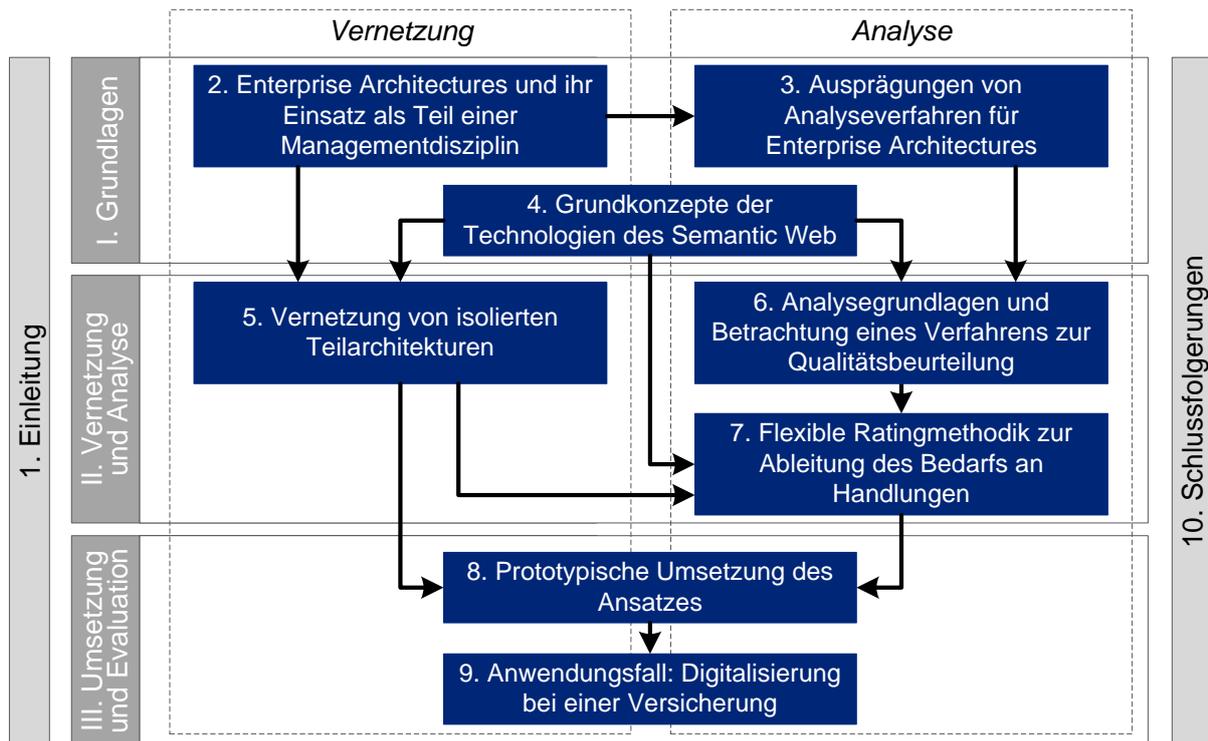
## 1.5 Aufbau der Arbeit

Durch die vorgestellte Zielsetzung ergibt sich eine Gliederung der Arbeit in drei Teilbereiche, die von der Einleitung (aktuelles Kapitel) und den Schlussfolgerungen (Kapitel 10) umschlossen sind. Der erste Teilbereich befasst sich mit den *Grundlagen* (Kapitel 2, 3 und 4). Im zweiten Teilbereich wird auf die *Vernetzung und Analyse* (Kapitel 5, 6 und 7) als die zentralen Bestandteile des Gesamtkonzepts eingegangen. Und schließlich geht der dritte Teilbereich auf die *Umsetzung und Evaluation* (Kapitel 8 und 9) des Konzepts ein. Die Gliederungsstruktur der Arbeit ist in Abbildung 1.3 dargestellt.

In Kapitel 2 wird zunächst der Begriff der *Unternehmensarchitektur* bzw. gleichbedeutend dazu *Enterprise Architecture* (EA) erläutert. In der Arbeit werden die englische Bezeichnung und deren Abkürzung verwendet, da sie auch im deutschsprachigen Kontext allgemein verbreitet sind. Neben dem Begriff wird auch auf typischerweise charakterisierende Merkmale einer EA eingegangen. Dies legt zugleich das grundlegende Verständnis über den Aufbau einer EA dar. Es schließen sich Erläuterungen über den Einsatz und die Bestandteile einer EA an. Das Kapitel schließt mit einer Einordnung der Disziplin des EA-Managements (EAM).

Kapitel 3 schließt thematisch an das vorherige Kapitel an und legt den Fokus auf Analyseverfahren im Kontext einer EA. Nach einer Grobklassifizierung werden verbreitete Analyseverfahren näher erläutert. Bezogen auf eines der Teilziele dieser Arbeit geht Abschnitt 3.3 auf die Relevanz ein, einen Handlungsbedarf ausgehend von einer EA für einen bestimmten Problemkontext zu ermitteln.

Kapitel 4 betrachtet zunächst die Einschränkungen, die typischerweise beim Einsatz klassischer Integrationsverfahren bestehen. Daran anschließend wird dargestellt, wie die Technologien des Semantic Web für die Integration von Datenquellen einsetzbar sind und welche Vorzüge sie bieten. Als Nächstes werden in den Abschnitten 4.3 und 4.4 die Technologien näher eingeführt und aufgezeigt, wie die Integration von Daten mit ihnen erfolgen kann. Dieses sind wesentliche



**Abbildung 1.3:** Gliederungsstruktur der vorliegenden Arbeit (Quelle: Eigene Darstellung)

Grundlagen für die weitere Konzeption des Gesamtansatzes. Zudem bilden sie die Basis für die Kapitel im nächsten Teilbereich über die Vernetzung und Analyse.

Im Kapitel 5 wird das Konzept entwickelt, das einzelne Datenquellen vernetzt und in der integrierten Datenbasis zusammenführt. Dabei wird zunächst auf die Herausforderungen beim Erstellen einer EA mittels vorhandener Ansätze eingegangen. Daran anknüpfend wird erläutert, wie eine EA durch Kombination bestehender Daten erstellt werden kann. Als Leitlinien des zu entwickelnden Ansatzes werden in Abschnitt 5.3 Merkmale erläutert, die bei der Ausgestaltung des Ansatzes berücksichtigt werden. Die kritische Würdigung in Abschnitt 5.5 geht danach auf die Eignung der Semantic-Web-Technologien für den Nutzungskontext einer EA ein. Zusätzlich werden bestehende EA-Ansätze auf Basis des Semantic Web eingeordnet. Anschließend wird in den folgenden Abschnitten das Vernetzungskonzept dieser Arbeit entwickelt. Abschnitt 5.7 führt hierzu den Gesamtzusammenhang ein. Auf die Teilschritte des Verfahrens wird anschließend detailliert eingegangen. Hierzu zählen die Übernahme der bestehenden Informationen, deren indirekte Vernetzung, die Etablierung einer neutralen Sprachebene sowie die tatsächliche Verknüpfung der Informationen. Am Ende des Kapitels sind damit alle Erläuterungen gegeben, um die integrierte Datenbasis herzustellen. Sie dient als Ausgangspunkt für die in den Kapiteln 6 und 7 beschriebene Analyse.

Das Kapitel 6 ist somit dem Bereich der Analyse zugeordnet. Es beginnt mit einer Einordnung bestehender EA-Analyseansätze mit und ohne Bezug zu Technologien des Semantic Web. Danach werden generelle Herausforderungen bei der Ableitung des Bedarfs an Handlungen beschrieben. Ausgehend davon erweitert Abschnitt 6.4 den Blick auf den Bereich des Qualitätsmanagements. Dort werden Qualitätsbeurteilungen verbreitet eingesetzt. Mit der Importance-Performance-Analyse (IPA) steht ein etabliertes Verfahren zur Verfügung, das in zwei Ausprägungen erläutert wird. Das Kapitel schließt in Abschnitt 6.5 mit Vorbereitungen der Analyse, etwa der Festlegung von zu analysierenden Objekten.

Auf Basis dieser Grundlagen erfolgt in Kapitel 7 die Entwicklung des Analysekonzepts. Zunächst werden notwendige Anpassungen des bestehenden IPA-Ansatzes für den Kontext der EA-Analyse in Abschnitt 7.2 festgehalten. Danach wird die erweiterte IPA-Methodik als Basis für das Analysekonzept beschrieben. Die Methodik ist als Rating gestaltet, damit die Objekte individuell bewertet werden können. Daraus kann dann die Notwendigkeit eines Handlungsbedarfs abgeleitet werden. Anschließend folgt die Beschreibung, wie die Kennzahlen und Kategorien festgelegt werden, aus denen sich später das Rating ergibt. Die Teilschritte der Berechnung werden dann in Abschnitt 7.5 überblicksartig beschrieben und in den folgenden Abschnitten detaillierter erläutert. Wie bereits bei der Vernetzung kommen auch hier die Semantic-Web-Technologien zum Einsatz. Das Kapitel und damit auch die Beschreibung des Gesamtkonzepts schließen mit einer kritischen Würdigung der Methodik in Abschnitt 7.6.

Kapitel 8 eröffnet den dritten Teilbereich der Arbeit, die Umsetzung und Evaluation. Das Kapitel stellt zunächst mögliche Implementierungen des Gesamtkonzepts vor. Als Grundlage dient dabei die Betrachtung der Charakteristika des Ansatzes. Ausgehend davon erfolgt zunächst die Beschreibung, wie eine Integration in ein bestehendes EA-Tool erfolgen kann. In Abschnitt 8.3 wird dann die Erstellung des eigenständigen Prototyps *EAAP* (Enterprise Architecture Analysis Platform) beschrieben, in welchem das Gesamtkonzept vollständig mit allen Aspekten realisiert ist.

Das Kapitel 9 erläutert schließlich die Verwendung des Gesamtansatzes für einen praxisnahen Anwendungsfall. Dieser bezieht sich auf die Unterstützung einer Digitalisierungsinitiative bei einer Versicherung. Nach Betrachtung der Einschränkungen bisheriger Analyseansätze wird auf den Einsatz des konzipierten Gesamtansatzes eingegangen. In Abschnitt 9.5 wird hierbei erläutert, wie das Verfahren angewendet werden kann, um die Aufgabenstellung des Praxisszenarios zu behandeln.

Die Arbeit endet mit den Schlussfolgerungen in Kapitel 10. Es fasst die zentralen Inhalte zusammen und betrachtet die erzielten Ergebnisse. Am Ende wird ein Ausblick auf mögliche Erweiterungen und weiterführende Fragestellungen gegeben.



**Teil I**

**Grundlagen**



# 2 Enterprise Architectures und ihr Einsatz als Teil einer Managementdisziplin

Wie aus dem Kapitel 1 hervorgeht, stehen Enterprise Architectures im Mittelpunkt dieser Arbeit. Im ersten Teil dieses Kapitels wird daher als Ausgangspunkt auf das Konzept der Enterprise Architecture (EA) eingegangen. Neben dem Begriffsverständnis und den Merkmalen wird auch die Vielfältigkeit der Ausprägungen und Nutzungen betrachtet. Im Fokus steht dabei das Spannungsfeld zwischen aggregierten und detaillierten Informationen. Das Kapitel schließt mit einer Einordnung des EA-Managements als Managementdisziplin.

---

2.1	Enterprise Architecture . . . . .	13
2.2	Enterprise Architecture Management . . . . .	35

---

## 2.1 Enterprise Architecture

Dieser Abschnitt führt in das Konzept der Enterprise Architecture (EA) ein. Zunächst beleuchtet Abschnitt 2.1.1 den Begriff im Allgemeinen. Genauer auf Merkmale und Ausgestaltungen einer EA geht dann Abschnitt 2.1.2 ein. Typische Einsatzmöglichkeiten einer EA werden im Anschluss in Abschnitt 2.1.3 erläutert. Anschließend geht Abschnitt 2.1.4 auf die Strukturierung einer EA ein, hierbei vor allem auf die Aufteilung in Schichten.

### 2.1.1 Begriffsklärung Enterprise Architecture

In Abschnitt 1.1 wurde einleitend erläutert, dass die Abbildung eines Unternehmens in Modellen zweckmäßig ist, um mit den komplexen Informationen geeignet umgehen zu können. Die Modelle helfen, die Informationen etwa für die Steuerung eines Unternehmens zugänglich zu machen. Für die Modellierung wurden verschiedene gebräuchliche Begriffe benannt, wobei diese für den Kontext dieser Arbeit als gleichbedeutend verstanden werden können. Aufgrund der auch in der Praxis weitgehenden Verbreitung wird nachfolgend der Begriff *Enterprise Architecture* bevorzugt, abgekürzt als EA.

Nach *Barkow* [Siehe Bar10b, S. 19] sind die Begriffsauffassungen im Gesamtkontext des Enterprise Architecture Managements noch nicht einheitlich etabliert und können durch neue Entwicklungen in ihrem bisherigen Sinne erweitert werden oder es können sogar gänzlich neue Begriffe entstehen. Dieser Abschnitt hat daher zum Ziel, das Verständnis des Begriffs *Enterprise Architecture* darzulegen, wie es in der vorliegenden Arbeit verwendet wird.

Eine Literaturanalyse zur Begriffsvielfalt und -nutzung hat etwa *Schönherr* [Sch09] durchgeführt. Dieser Absatz beruht auf dieser Analyse und bezieht sich auf einige der formulierten Erkenntnisse. In der Analyse wurde aufgezeigt, wie vielfältig der Begriff Enterprise Architecture genutzt wird. Etwa als Begriff für das Architekturkonzept, so wie es auch in diesem Abschnitt der Fall ist. Ebenso wird der Begriff teilweise zur Benennung der Managementdisziplin verwendet. In dieser Arbeit wird hierfür die auch in Deutschland gebräuchliche Bezeichnung *Enterprise*

*Architecture Management* verwendet (siehe Abschnitt 2.2.1), kurz EAM. Mit der Literaturanalyse von [Sch09] sollen verschiedene Ansätze eingeordnet bzw. unterschieden werden können. Es lasse sich feststellen, dass kein einheitliches Verständnis für den Begriff EA vorherrsche. Erste Veröffentlichungen zur Modellierung von Teilen eines Unternehmens wurden ab den 1980er Jahren getätigt. Ab 2000 sei die Anzahl der Veröffentlichungen nachhaltig gestiegen. Die Verwendung des Begriffs habe sich ab 2003 zunehmend durchgesetzt. Die Angabe von Definitionen teile sich grob in drei gleiche Gruppen auf. Die erste Gruppe gibt eigene Definitionen für den Begriff. Nur selten erfolgen dabei Bezüge auf bestehende Quellen. Die zweite Gruppe nutzt bestehende Quellen für die Definition, wohingegen die dritte Gruppe keine explizite Definition angibt.[Siehe zu diesem Absatz Sch09, S. 400-407]

Dies kann als Beleg gelten, dass es eine große Vielfalt bei den Begriffserläuterungen gibt.

Nach *Niemann* [Nie05] ist in jedem Unternehmen eine EA vorhanden, entweder bewusst aufgebaut oder implizit entwickelt. Als Grund hierfür wird von ihm genannt, dass gerade in der IT die Nutzung von Modellen oder Plänen weit verbreitet ist, um einen Überblick gewährleisten zu können.[Siehe Nie05, S. 13-14] Der Begriff Unternehmensarchitektur stehe nach ihm des Weiteren für „[...] eine strukturierte und aufeinander abgestimmte Sammlung von Plänen für die Gestaltung der IT-Landschaft eines Unternehmens [...]“[Nie05, S. 21]. Auch in [Siehe Mas05, S. 9] wird in der Enterprise Architecture primär die IT-Struktur auf Unternehmensebene gesehen. *Keller* [Kel12] hingegen fasst eine Unternehmensarchitektur bzw. EA zunächst als „[...] die Beschreibung der Struktur eines Unternehmens [...]“[Kel12, S. 20] zusammen. Die Struktur könne dabei entweder durch einen geplanten Prozess entwickelt worden sein oder sich frei entwickelt haben, wobei in jedem Fall eine Struktur vorhanden sei [Siehe Kel12, S. 20-21]. Es verbleibe jedoch „[...] die Frage, wie gut diese Architektur ist und [...] wie aufwendig man sie beschreiben muss“[Kel12, S. 20]. Später wird in [Kel12] jedoch auf die IT-Seite als ein Bestandteil der umfassenden Unternehmensarchitektur fokussiert.

Werden diese Quellen insgesamt betrachtet, sind zwei Aspekte hervorzuheben. Erstens besteht ein Konsens darin, in der Beschreibung Pläne bzw. Modelle als Elemente der EA herauszustellen. Zweitens wird der Fokus auf die Betrachtung der IT-Landschaft gelegt.

Wie im folgenden Abschnitt 2.1.2 betrachtet wird, gibt es verschiedene Ausprägungsvarianten einer EA bezüglich deren Inhalte. Eine Enterprise Architecture steht allgemein für eine übergreifende Sichtweise, die für ganzheitliche Betrachtungen nötig ist.

So beschreibt auch *Barkow* [Bar10b] „[...] die Unternehmensarchitektur als die Gesamtheit aller Architekturen eines Unternehmens“[Bar10b, S. 19]. Weiterhin wird dort ausgeführt, dass bei den Architekturen vereinfacht zwischen IT-Architekturen und Geschäftsarchitekturen unterschieden wird.[Siehe Bar10b, S. 19] Die erste Gruppe umfasse demnach alle Teilarchitekturen für die Domäne IT, also etwa für Anwendungen und IT-Infrastruktur. Die zweite Gruppe umfasse hingegen die Architekturen für die Domäne Geschäft, also etwa für die Geschäftsprozesse, Produkte sowie die Aufbauorganisation.[Siehe Bar10b, S. 19] Allgemeiner betrachtet können die jeweiligen Inhalte und Aufteilungen einer EA jedoch entsprechend der zugrunde liegenden Methodik und der Ausgestaltung variieren. Auch können etwa weitere Architekturdimensionen neben IT und Geschäft enthalten sein oder detailliertere Elemente umfassen.

Identisch benennen *Jonkers, Lankhorst, ter Doest, Arbab, Bosma* und *Wieringa* [Jon+06] sowie auch *Lankhorst* [Lan13] (wohl bedingt durch die sich überschneidende Autorengruppe) den Begriff Enterprise Architecture in beiden Fällen als: „Architecture at the level of an entire organisation [...]“[Jon+06, S. 64; Lan13, S. 3]. Der Inhalt dieses Absatzes beruht im Folgenden auf den Ausführungen eben dieser beiden Quellen, welche diesen Gedanken weiter erläutern. Der Betrachtungsgegenstand ist demnach die gesamte Organisation bzw. das gesamte Unternehmen.



Artefakte genannt, welche die EA ausmachen [Siehe BB12, S. 215]. Welche Elemente und wie detailliert diese in den Modellen dokumentiert werden, ist nicht allgemein festgelegt und daher sehr individuell ausgeprägt. Auch in [Siehe Lan13, S. 4] wird bestätigt, dass die Inhalte der EA nicht strikt vorgegeben sind, sondern sich nach den an sie gestellten Anforderungen und Fragestellungen richten. Das Vorgehen, nicht nur eine einzelne Architektur zu beschreiben, sondern diese durch eine Menge von Modellen abzubilden, ist bereits seit langer Zeit verbreitet, siehe eine der grundlegenden Quellen [Vgl. Zac87].

In der Regel existieren nach *Niemann* [Nie05] in einem Unternehmen bereits zahlreiche Modelle für die verschiedensten Bereiche. Wobei die Verbreitung von Modellen in der IT-Domäne am stärksten ausgeprägt sei. Zu betrachten sei des Weiteren stets die Aktualität der Modelle und ob in den Modellen die erforderlichen Inhalte umfassend enthalten seien. [Siehe Nie05, S. 13-14] Die Modelle spiegeln jedoch oftmals nur Teilaspekte wider, sodass sie in geeigneter Form gemeinsam verwendet werden müssten [Siehe Nie05, S. 14-18]. Wird der Blick auf die Praxis gelenkt, so kann für diese Kombination von verschiedenen Modellen festgehalten werden, dass es eine große Herausforderung darstellt. So existieren Modelle in den verschiedenen Domänen regelmäßig unabhängig nebeneinander.

Modelle können etwa Dokumentationen der IT-Landschaft sein sowie freiwillige oder geforderte Dokumentationen etwa im Kontext der Geschäftsdomäne. So können Modelle für Geschäftsprozesse genutzt werden, um essenzielle Anforderungen an datenschutzrechtliche Aspekte zu dokumentieren oder sogar maschinell überprüfbar zu machen [Siehe FWS11]. Ebenfalls werden z. B. Banken durch die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) im Rahmen der Mindestanforderungen an das Risikomanagement (MaRisk) dazu verpflichtet, entsprechende Organisationsrichtlinien zu erfüllen und etwa schriftliche Ablaufbeschreibungen zu erfassen [Siehe BaF17]. Das ist ein weiterer Anlass für die Prozessmodellierung. Form und Detailtiefe sind zwar nicht festgelegt, aber entsprechende Beschreibungsmodelle liegen somit bereits im Unternehmen vor.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die verschiedenen Teilmodelle einer EA in den Unternehmen individuell ausgestaltet werden können, je nachdem welche Anforderungen intern oder extern an sie gestellt werden. Einflussfaktoren bei der Ausgestaltung können hierbei u. a. die damit verbundenen Nutzungsszenarien, die Unternehmensgröße, die angestrebte (maximale) Komplexität oder wie zuvor erwähnt gesetzliche Vorgaben sein [Hierzu vgl. Nie05, S. 14; vgl. Keu10a, S. 151].

Auch *Aier*, *Riege* und *Winter* [ARW08] verwenden eine ähnliche Interpretation als Basis für ihre sehr grundlegende Literaturanalyse zum Kontext der Unternehmensarchitekturen. Demnach modelliert eine Enterprise Architecture nur die aggregierte Repräsentation der elementaren Elemente und ihrer Zusammenhänge, um diese zu beschreiben, zu analysieren oder als Grundlage für Planungen zu nutzen [Siehe ARW08, S. 292]. Ausgangspunkt ist dabei überwiegend die Dokumentation des Istzustands [Siehe ARW08, S. 298-300]. Dieser aktuelle Zustand kann zugleich als Grundlage genutzt werden, um daraus Einsparpotenziale oder Verbesserungen abzuleiten, die dann in einem angestrebten Ziel- oder Sollzustand dokumentiert werden [Vgl. Rot+13a, S. 911]. Folglich ist es im Rahmen von Planungen denkbar, ausgehend vom Istzustand auch einen zukünftigen Zustand des Unternehmens abzuleiten oder mehrere Transformationsschritte als Momentaufnahmen vorzusehen, mit denen aus dem Istzustand der Zielzustand erreicht werden sollen [Hierzu etwa vgl. Nie05, S. 18-19; und vgl. Jon+06, S. 64].

Eine EA umfasst somit in der Regel nur Inhalte auf einer aggregierten Ebene, wohingegen die Teilmodelle detailliert die Inhalte ihres Ausschnitts beschreiben [Siehe WF07, S. 16].

Die folgenden Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf den Schilderungen von *Aier*,

*Riege* und *Winter* [ARW08]. Der Fokus liegt auf den Aspekten bezüglich Ausgestaltung und Abgrenzung der Unternehmensarchitekturen. Eine getätigte Aussage ist, dass in einem Unternehmen entsprechend des jeweiligen EA-Ansatzes verschiedenartige Elemente berücksichtigt und abgebildet werden - von Elementen der strategischen Ebene, über Prozesse und Anwendungen, bis hin zu Infrastruktur-Komponenten. Weiterhin wird ausgesagt, dass die Unterschiede der einzelnen Ansätze stärker in der jeweiligen Ausgestaltung vertreten seien, als auf der allgemeinen Ebene. Dies beziehe sich unter anderem auf die Art der Modellierung, welche Elemente in den Modellen berücksichtigt werden sowie auf die Nutzung der Unternehmensarchitektur im Unternehmen. Eine weitere Aussage ist, dass in der EA lediglich Informationen und Elemente auf aggregiertem Niveau dokumentiert werden. Somit ist dort im Allgemeinen das Unternehmen nicht mit allen seinen Bestandteilen auf detaillierter Ebene beschrieben.[Zum vorherigen Absatz insgesamt siehe ARW08, S. 292-301]

Allgemein betrachtet sind dabei Enterprise Architectures verschiedener Organisationen prinzipiell recht ähnlich, aber die Ausgestaltung innerhalb der Organisationen kann recht individuell sein. Die eingesetzten EA-Ansätze erfordern hierbei demnach eine Flexibilität.

Auf besondere Merkmale verschiedener Ausprägungen von Enterprise Architectures wird in den nächsten Abschnitten gesondert eingegangen. Ein wesentlicher Unterschied etwa zwischen dem EA-Verständnis aus [WF07] und der Sichtweise der vorliegenden Arbeit besteht im Spannungsfeld zwischen der Aggregation und der Detaillierung. Wie anhand der Belege zuvor verdeutlicht wurde, wird eine EA regelmäßig als eine Menge von Modellen verstanden, mit lediglich aggregierten Elementen. Zudem existiert sie in der Regel gesondert neben den teilweise vorhandenen Detailmodellen. Der vorliegenden Arbeit liegt im weiteren Verlauf dagegen das Verständnis zugrunde, dass eine Enterprise Architecture durchaus eine Sicht über alle relevanten Detailmodelle bietet (entsprechend der vorliegenden Fragestellungen).

Die Nutzung einer Enterprise Architecture ist dabei kein einmaliges Vorhaben, sondern sie ist als kontinuierliches Bestreben zu verstehen [Siehe Dou+09, S. 30]. Zugleich besitzt eine EA einen integrierenden Charakter, indem sie verschiedene Domänen überspannt und es damit ermöglicht, die unterschiedlichen Aspekte des Unternehmens aneinander auszurichten [Siehe Dou+09, S. 34]. Wobei die Betrachtung wie erwähnt oft nur abstrahierte Informationen berücksichtigt.

Bei *Lankhorst* [Lan13] findet sich eine Bestätigung der vorherigen Aussage, wonach eine EA ein kontinuierliches Bestreben einfordert. So wird zutreffend darauf hingewiesen, dass eine Enterprise Architecture kein Modell ist, welches unverändert bleibt. Dies äußert sich demnach darin, dass innere wie äußere Einflüsse Veränderungen bewirken würden, die gewünscht oder sinnvoll oder von extern eingefordert sind.[Siehe Lan13, S. 4]

Zusammenfassend sei an dieser Stelle das EA-Begriffsverständnis genannt, welches sich auf Basis der vorherigen Definitionen, Beschreibungen und Abgrenzungen in diesem Abschnitt gebildet hat und der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt. Eine Besonderheit dabei ist jedoch die bewusste Abweichung von der regelmäßigen Beschränkung auf lediglich abstrahierte Informationen innerhalb einer EA, was als Einschränkung gesehen wird.

Als **Enterprise Architecture** (*kurz: EA*) sei eine übergreifende Sicht verstanden, welche alle Architekturmodelle der Domänen einer Organisation überspannt und integriert. Die Ausgestaltung richtet sich individuell nach der Organisation und den geplanten Nutzungsszenarien. Die EA umfasst dabei detaillierte Informationen zu Elementen und Beziehungen sowie zu weiteren ergänzenden Inhalten. Die EA übernimmt die Informationen aus den gegebenenfalls bestehenden Informationsquellen,

die als primäre Datenlieferanten dienen. Gleichbedeutend wird der Begriff **Unternehmensarchitektur** verwendet. Die Managementtätigkeiten bezüglich der EA werden als **Enterprise Architecture Management** bzw. als Unternehmensarchitektur-Management bezeichnet.

### 2.1.2 Wesentliche Merkmale einer Enterprise Architecture

Wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, besteht beim grundsätzlichen Verständnis einer Enterprise Architecture auf allgemeiner Ebene überwiegend Konsens. Bei genauerer Auseinandersetzung lassen sich jedoch unterschiedliche Ausprägungen erkennen, die für das jeweilige EA-Verständnis relevant sind. Die für das EA-Verständnis dieser Arbeit wesentlichen Merkmale werden nachfolgend erläutert und am Ende zusammengefasst.

#### 2.1.2.1 Trennung von IT und Geschäft

Eine sehr grundsätzliche Einordnung anhand von drei verschiedenen Fällen der EA-Ausprägung beschreibt *Lapalme* [Lap12], auf dessen Ausführungen dieser Absatz beruht. Unterscheidungskriterien sind dabei unter anderem das Verständnis der Enterprise Architecture sowie die mit dem Einsatz verbundenen Ziele. Im ersten Fall wird primär auf die IT-Landschaft fokussiert, um die IT zu optimieren und den Geschäftsbetrieb zu unterstützen. Der zweite Fall betrachtet das Unternehmen als ein Gesamtsystem, sodass die EA neben der IT auch viele weitere Aspekte des Unternehmens betrachten muss. Die Betrachtung erfolgt übergreifend, um optimale Lösungen zu finden und alle Bestandteile aneinander auszurichten. Im dritten Fall erfolgt eine noch umfassendere Betrachtung, indem neben dem eigenen Unternehmen auch dessen Umfeld sowie die vielfältigen Beziehungen dazwischen erfasst werden. Ziel ist es, das Unternehmen sowie auch das Umfeld aktiv mit weiterzuentwickeln.[Zu diesem Absatz siehe Lap12]

Diese erste Unterscheidung ermöglicht es, eine EA-Initiative auf Basis der jeweiligen Ausrichtung einzuordnen. Auch wenn Übergänge häufig fließend sind, helfen solche Ansätze eine grobe Einordnung vornehmen zu können. In der Praxis lassen sich oftmals Ansätze identifizieren, die eher dem ersten Fall (IT-Fokus) zuzurechnen sind.

Diese drei groben inhaltlichen Richtungen machen bereits deutlich, dass das Zusammenwirken der IT-Domäne mit den anderen Domänen Besonderheiten aufweist. Dies äußert sich auch in jener in der Praxis oft genannten Einschätzung, dass zwischen der IT und dem Geschäft eine Lücke existiere. Idealtypisch sollten die Domänen zusammenwirken, aber in der Realität sind doch sehr häufig Hindernisse bei der Zusammenarbeit zu erkennen. Auch in der Literatur und der Forschung ist dieses Thema seit langer Zeit Gegenstand der Betrachtung. Zahlreiche Quellen haben sich diesem Thema angenommen, stellvertretend [Vgl. Kee93; vgl. WP96; vgl. PW99]. So dominieren in den Domänen oftmals unterschiedliche Begriffe, Verständnisse oder Auffassungen, die nicht deckungsgleich sein müssen [Siehe WP96]. Die Unterschiede können auch unter dem Aspekt der kulturellen Verschiedenartigkeit betrachtet werden [Siehe WP96; und fortgeführt in PW99], was im Rahmen dieser Arbeit allerdings nicht Betrachtungsgegenstand sein soll. Auf die Trennung zwischen IT und Geschäft soll nur insoweit eingegangen werden, als das es für das Grundverständnis der Problematik erforderlich ist, welche durch verschiedene, isolierte Teile der Architektur entsteht.

Die ausgeprägte Trennung zwischen IT- und Geschäftsdomäne hinsichtlich der Architekturmodelle kann auch historisch begründet werden, wie etwa in [Vgl. Bar10b, S. 20-23; vgl. Kel12, S. vii-ix] aufgezeigt. Von *Barkow* [Bar10b] werden die Entwicklungsschritte seit 1990

skizziert, aus denen sich das heutige EAM-Grundverständnis entwickelt hat. Nachfolgend sind einige dieser genannten Schritte nachgezeichnet. Um 1990 sei demnach primär der Fokus auf die IT-Architekturen einzelner Anwendungen gelegt worden, die im Rahmen konkreter Projekte entwickelt wurden. Dies habe in der Konsequenz zu Architekturen für einzelne Projekte geführt, die somit nicht notwendigerweise mit anderen Projekten abgestimmt oder in nennenswertem Umfang verbunden gewesen waren. Aufgrund des zunehmenden Kostendrucks sei dann ab 2000 begonnen worden, die IT-Architekturen zu konsolidieren, indem sich Projekte nach allgemein festgelegten Vorgaben richten sollten.[Zur historischen Entwicklung, siehe Bar10b, S. 20-23] Zustimmend hierzu [Siehe Kel12, S. vii-ix] wonach die Arbeit mit einer Enterprise Architecture zunächst oft mit Fokus auf die IT stattgefunden hat. Doch auch mit Blick auf aktuelle Ansätze, Vorgehen oder Initiativen zum Thema Enterprise Architecture kann festgehalten werden, dass sie oftmals stark auf IT-Aspekte ausgerichtet sind, wenngleich einzelne fachliche Elemente auch berücksichtigt werden. Das hat wie erläutert mit der Intention des jeweiligen Vorgehens zu tun, wie z. B. das in [Siehe Han12] erläuterte EA-Vorgehen. Auch in [Siehe Der09, S. 2-3] liegt der Fokus auf der IT-Architektur, da sie als Hilfswerkzeug zum Management der Informationssysteme und deren abgestimmtem Einsatz in der gesamten Anwendungslandschaft eine wesentliche Rolle spielt.

Schließlich belegt die Literaturanalyse in [Sch09], dass die Hälfte der Veröffentlichungen im EA-Kontext stark auf die IT-Architektur fokussiert ist. Wohingegen nach der Analyse nur etwas mehr als ein Drittel einen umfassenderen Fokus habe und verschiedene Domänen betrachte bzw. integriere.[Siehe Sch09, S. 403-404] Diese Analyseergebnisse korrespondieren mit der eigenen Erfahrung aus Praxisprojekten, dass Enterprise Architectures und deren Management häufig auf IT-Management fokussiert sind, sowie dass das Einbeziehen des Geschäfts eher nachgelagert oder isoliert davon erfolgt.

Losgelöst von der IT entwickelte sich ebenfalls ab 1990 das Geschäftsprozessmanagement, bei dem Prozesse im Betrachtungsfokus waren, die aufgenommen, analysiert und verändert wurden [Siehe Bar10b, S. 20-23].

Im Ergebnis entstanden somit losgelöst voneinander spezielle Architekturdisciplinen für die IT-Domäne und die Geschäftsdomäne. Problematisch an diesen durchaus als Silos zu bezeichnenden Ausprägungen ist die nicht (ausreichend) vorhandene Verbindung. Die ersten Ideen für eine Annäherung dieser Bereiche entwickelten sich erst allmählich [Vgl. Kel12, S. vii-ix]. In Unternehmen hat diese Silo-Trennung in IT und Geschäft nicht selten heute noch Bestand, wenngleich oft abgemildert. Aber dennoch ist eine Lücke zwischen diesen Bereichen wahrzunehmen. Die Sensibilität, diese bisherigen Silos zu einer ganzheitlichen Unternehmensarchitektur zu verbinden, erhöht sich in den Unternehmen jedoch stark. Aber es bleibt in der Regel dabei, dass wie zuvor bereits erwähnt nur abstrahierte Informationen in die übergreifende Unternehmensarchitektur eingehen.

In [MK13] wird ebenfalls der ganzheitliche Charakter einer EA hervorgehoben, wodurch sie als übergreifende Grundlage für verschiedene Einsatzbereiche dienen kann. Hierzu müsse jedoch die EA sowohl Elemente aus dem Prozessmanagement als auch Inhalte der IT-Landschaft beinhalten und verbinden.[Siehe MK13, S. 313-314]

Bereits bei Beschränkung nur auf den IT-Bereich wirkt sich das Fehlen einer übergreifenden Architektur möglicherweise negativ aus, da oft einzelne Ziele für ein Projekt oder System lediglich isoliert und vor einem kurzen Zeithorizont betrachtet werden [Siehe Der09, S. 12-13]. Dies verdeutlicht, dass es für den organisationsweiten Betrachtungsraum einer EA nochmals erheblich wertvoller ist, eine solche übergreifende Architektur zur Verfügung zu haben. Dort sind nicht nur Beteiligte und Elemente einer Domäne, sondern vieler verschiedener Domänen

involviert und auch die Abhängigkeiten werden komplexer. Ein ganzheitlicher Ansatz verspricht daher deutliche Vorteile bei der Abstimmung zwischen diesen verschiedenen Beteiligten. Für den Kontext der Versicherungsbranche wird dieses etwa in [Siehe KVK11, S. 223] hervorgehoben, wonach es notwendig erscheint, Vorhaben zur Veränderung von Prozessen und IT nicht unabhängig voneinander anzugehen, sondern integriert für eine optimale Unterstützung zu betrachten.

Die Trennung zwischen den Bereichen IT und Geschäft, als oft zitierte und prägnante Ausprägung, begründet sich in verschiedenen Aspekten. Gleichwohl zeigt die Praxis, dass auch (Architektur-)Modelle weiterer Domänen oftmals vergleichsweise stark isoliert von anderen Domänen existieren, wie etwa Modelle und Dokumentationen im Rahmen des Risikomanagements. So werden etwa Risiken und zugehörige Informationen in einem Unternehmen oft abgegrenzt in eigenen Strukturen dokumentiert [Vgl. RBH07, S. 218-224].

Ein Grund für die Trennung ist sicher auch die Struktur der Verantwortung für das Thema Enterprise Architecture in Unternehmen. Den Aspekt der EA-Verantwortung haben *Aier, Riege* und *Winter* [ARW08] neben weiteren Aspekten im Rahmen ihrer umfassenden, branchenübergreifenden Studie zum Thema EA betrachtet, sodass nachfolgend kurz die Ergebnisse der Studie hierzu benannt werden. Gemäß Studienergebnis obliege zu circa 60 % die Verantwortung für die Entwicklung der EA bei der IT, ebenso wie der laufende Betrieb zu über 50 % von der IT verantwortet werde. Die Geschäftsleitung sei nur zu gut einem Viertel (EA-Entwicklung) bzw. einem Drittel (EA-Betrieb) verantwortlich. In allen anderen Fällen sei es in der Verantwortung anderer Organisationseinheiten. Die Studie sieht dies als Beleg, warum oft die EA stark durch die IT geprägt sei und sich dort zunächst entwickle. Die fachliche Seite sei oft weniger stark repräsentiert, wobei zunehmend der fachliche Inhalt stärker in den Fokus rücke.[Zu diesem Absatz siehe ARW08, S. 297-298]

Aus der eigenen Praxiserfahrung im Kontext von Projekten kann dies für die Finanzdienstleistungsbranche bestätigt werden. So ist die IT aktuell sehr oft die treibende Kraft bei einer EA-Initiative. Dies führt dann unter Umständen dazu, dass fachliche Modelle kaum ausgeprägt oder angebunden sind. Obgleich es auch Fälle gibt, bei denen der Fachbereich die EA-Initiative stark treibt, meist ausgehend vom Prozessmanagement. Eine Schwierigkeit ist jedoch die Art und Weise der digitalen Repräsentation der einzelnen Detailmodelle, die überwiegend in verschiedenen Werkzeugen dokumentiert werden. Aus diesem Grund sind Verbindungen zwischen Modellen selten vorhanden.

Wobei es bei der Betrachtung der Trennung von IT und Geschäft nicht nur um die bloße Dokumentation der Teilarchitekturen in unterschiedlichen Anwendungen geht. Hierzu heben [Siehe Jon+06, S. 64] hervor, dass einzelne Unternehmensbereiche oft bereits Architekturmodelle nutzen, diese aber sehr unterschiedlich stark fortgeschritten sind, sodass die Inhalte schwer zusammengeführt und Abhängigkeiten dazwischen kaum untersucht werden können. Ohne übergreifende EA-Strukturen könnten jedoch die Teilbereiche nur isoliert betrachtet werden und somit Entscheidungen lediglich vor dem Hintergrund des einzelnen Teilbereichs getroffen werden, ohne Kenntnis was aus übergreifender Sicht eventuell vorteilhafter gewesen wäre [Siehe Jon+06, S. 64; und siehe Dou+09, S. 34]. Modelle auf Domänenebene sind wichtig und werden auch zukünftig ihre Bedeutung behalten. Dennoch kann festgehalten werden, dass durch eine EA die oftmals nur isolierte Teilbetrachtung überbrückt und stattdessen eine ganzheitliche Betrachtung etabliert werden sollte.

*Braun* und *Winter* [Siehe BW05, S. 65] formulieren hierbei als Anforderungen, dass alle erforderlichen Betrachtungselemente in einem EA-Metamodell berücksichtigt werden sollten und dass dieses EA-Metamodell in einem EA-Werkzeug zu realisieren ist, welches die Nutzung

etwa für Prüfungen und Analysen ermöglicht. In der Praxis kann es jedoch eine große Herausforderung sein, ein einziges EA-Metamodell für alle Beteiligten in einem Unternehmen zu etablieren und das Modell in einem einzelnen Werkzeug abzubilden.

Für das nachhaltige Gelingen einer EA-Initiative spielt auch deren organisatorische Verankerung eine wichtige Rolle. Wird sie primär vom IT-Bereich getrieben und nur dessen Inhalte wären im Vordergrund, würde dies das unternehmensweite Nutzenpotenzial schmälern sowie möglicherweise auch die Akzeptanz und Beteiligung anderer Bereiche negativ beeinflussen [Siehe Dou+09, S. 33-34].

Zusätzlich kann die Akzeptanz und Mitarbeit gefördert werden, wenn die Personen einerseits die gewünschte Modellierungsform und andererseits das eingesetzte Dokumentationswerkzeug selbst auswählen können, anstatt zwangsweise eine Notation oder Anwendung zu übernehmen [Siehe SWS13, S. 16]. Diese Aussage bezieht sich auf die übergreifende Modellierung der EA insgesamt. Wenngleich dieses auch auf die Dokumentation auf Domänenebene übertragen werden kann, wo aktuell ein Bereich dessen Detailmodelle eigenständig modelliert. Auch dort ist eine höhere Akzeptanz anzunehmen, wenn eine eventuell präferierte Notation oder ein erprobtes Werkzeug (weiterhin) verwendet werden dürfte, anstatt ein weniger akzeptiertes oder sogar limitiertes Vorgehen zwangsweise übernehmen zu müssen.

### 2.1.2.2 Inhaltliche Vielfalt

Im vorherigen Abschnitt wurde bereits eingeführt, dass die wesentlichen Inhalte einer EA oftmals aus den Bereichen IT und Geschäft stammen. Wobei sehr häufig ein IT-Fokus gegeben ist, aber zunehmend auch Inhalte aus dem Bereich Geschäft in den Fokus rücken. Mit neuen Nutzungsszenarien, wie der besseren Abstimmung von IT und Geschäft, sowie weiteren Erfordernissen, etwa aus den Bereichen Sicherheit und Risikomanagement, werden jedoch zukünftig neue Inhalte immer relevanter und ihre Aufnahme in die EA notwendig [Siehe Kel12, S. viii].

Das potenzielle Themenspektrum der zu dokumentierenden Inhalte einer EA und die möglichen Nutzungsszenarien werden vielfältiger.

Hinsichtlich der Inhalte einer EA differenzieren *Aier, Riege* und *Winter* [ARW08] grob nach zwei Dimensionen: Breite und Granularität. Bei der Breite unterscheiden sie, welche Domänen relevant sind und wie umfangreich diese in der EA abzubilden sind. Bei der Granularität wird unterschieden, wie abstrahiert oder detailliert die Betrachtungselemente zu dokumentieren sind. Die Breite wird dabei in der Regel vom jeweiligen EA-Ansatz beeinflusst, z. B. durch das zugrunde liegende Metamodell.[Siehe ARW08, S. 294]

Die Dimension der Breite ist Gegenstand dieses Unterabschnitts. Auf den Aspekt der Granularität wird anschließend im Unterabschnitt 2.1.2.3 näher eingegangen.

Das Metamodell als Basis einer EA ist ein spezifisches Modell, was die Modellierungssprache repräsentiert und die zulässigen Konstrukte für konkrete Modelle in Form von relevanten Konzepten und Verbindungen beschreibt [Siehe SWS13, S. 28; und ergänzend siehe Bar10b, S. 37-38].

*Keller* [Kel12] berichtet aus der Praxis über Metamodelle mit sehr unterschiedlichen Umfängen und verschiedenen möglichen Ursprüngen. So gebe es Umfänge zwischen wenigen Dutzenden bis zu mehreren Hundert Elementen. Ein vom Unternehmen vollständig selbst entwickeltes Modell sei zwar möglich, komme aber in der Praxis eher selten vor, da viele Beteiligte und verschiedene Interessen aufwendig einzubinden seien. Stattdessen erfolge überwiegend die Nutzung existierender Referenzmodelle, die individuell angepasst werden.[Siehe Kel12, S. 171-172]

Am Anfang steht dabei die Entscheidung, welche Ziele und Fragestellungen mit der EA verbunden sind, damit über die benötigten Inhalte entschieden werden kann [Siehe Keu10a, S. 147]. Die relevanten Betrachtungselemente zu definieren ist für die Nutzung der EA wichtig. Wie erwähnt, kann ein Unternehmen dieses individuell lösen oder sich an bestehenden Architekturen orientieren, je nachdem wie Aufwand und Nutzen eingeschätzt werden.

So wird in [KW07] etwa einen Ansatz zur Definition eines individuellen Metamodells beschrieben. Ausgangspunkt sei dabei eine Menge von Fragestellungen oder Anliegen der relevanten Beteiligten, anhand derer ein konsistentes Metamodell abzuleiten sei, das gleichzeitig alle diese Anliegen berücksichtige.[Siehe hierzu KW07] Auch in [Ern10] wird ein Ansatz zur Definition eines Metamodells beschrieben, welcher jedoch auf Mustern bzw. Patterns basiert. Dabei wird zunächst ebenfalls von allgemeinen Anforderungen oder eng umrissenen Problemstellungen ausgegangen, für welche ein bestimmtes Vorgehen und notwendige Elemente zur Lösung festgehalten werden.[Siehe hierzu Ern10] Schließlich identifiziert die Literaturanalyse in [ARW08] verschiedene inhaltliche Ausprägungsvarianten bei Enterprise Architectures. Demnach sei es verschieden, ob und wie ausgeprägt etwa Elemente der Unternehmensstrategie oder der Infrastruktur in den Architekturmodellen repräsentiert werden. Wie dort weiter ausgeführt wird, richte sich die Menge der zu berücksichtigenden Elemente jeweils nach der mit dem Einsatz der EA verbundenen Problemstellung.[Siehe ARW08, S. 294] Es ist somit nachvollziehbar, dass die Inhalte in der Praxis sehr verschieden ausgeprägt sein können und somit in der konkreten Nutzung einer EA viel Flexibilität erforderlich ist.

Sind die zu dokumentierenden Elemente gewählt, dann sollten nach [Lan13] beim Architekturentwurf vereinheitlichte Begriffe für ein gemeinsames Verständnis zwischen allen Beteiligten verwendet werden. Dies erleichtere zudem auch das Zusammenspiel verschiedener Architekturtypen aus den unterschiedlichen Domänen.[Siehe Lan13, S. 43]

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass verschiedene Informationen notwendig sein können, um die Aspekte zur IT, zum Geschäft, zu anderen Domänen oder zum Unternehmen insgesamt zu dokumentieren. Die Inhalte sind dann zu planen und in den Architekturmodellen zu berücksichtigen. Im Abschnitt 2.1.4 wird näher auf gängige Teilarchitekturen eingegangen.

Dieser Absatz beruht nachfolgend auf den Ausführungen von *Bernus* und *Nemes* [BN03], nach denen ein Fokus auf die Zusammenhänge im Ganzen gelegt werden sollte, da die Elemente in einem Unternehmen stark miteinander verbunden sind. Sie beginnen ihre Darstellung mit dem Unternehmenszweck, der in der Regel darin besteht, Produkte und Dienstleistungen zu erbringen. Hierzu sind Prozesse auf operativer Ebene und Managementebene erforderlich, die somit in der EA zu berücksichtigen sind. Zur Ausführung sind des Weiteren Verknüpfungen der Prozesse und der Austausch von Material und Informationen erforderlich. Mitarbeiter, Systeme und Anwendungen sind wesentliche Komponenten, die mit und in den Prozessen agieren und daher auch entsprechend zu erfassen sind. Schließlich können auch Orts- und Zeitinformationen eine Rolle spielen.[Zu diesem Absatz siehe BN03, S. 9]

Das verdeutlicht, wie vielfältig die Informationen sind und wie stark sie in der Realität miteinander verwoben sind. Auf Modellebene ist die Vernetzung stets eine Herausforderung, wobei die real vorhandene Vernetzung auf der Modellebene oft nicht adäquat umgesetzt wird.

Zudem können die Modelle der Teildomänen recht unterschiedlich beschrieben sein, von einer vergleichsweise recht freien textuellen Beschreibungsform bis hin zu einer grafischen Form mit einer festgelegten Modellierungssprache, wobei auch trotz gleicher Beschreibungsart die inhaltliche Ausprägung zwischen den Modellen sehr unterschiedlich sein kann [Siehe SWS13, S. 28-36]. Insgesamt wurden zahlreiche unterschiedliche Modellierungsansätze entwickelt, die jedoch teils große Unterschiede aufweisen [Siehe BB12, S. 215].

In der Regel nutzt somit jede Domäne in der Praxis ihre eigene(n) Notation(en) [Stellvertretend vgl. Lan13, S. 75]. Somit wird eine übergreifende Arbeit erschwert. Auch ist die Kombination und Integration der verschiedenen, inhaltlichen Modelle nicht immer einfach möglich.

Bei den Inhalten der Modelle muss nach *Dern* [Der09] immer auch berücksichtigt werden, zu welchem Zeitpunkt und mit welcher Gültigkeit diese erstellt worden sind. Ein Modell des Istzustands sei nur zum Zeitpunkt der Modellerstellung oder -änderung aktuell. Es könne daher eine Abweichung von Modell und Realität zu einem späteren Zeitpunkt geben. Analog gelte dies für Modelle der zukünftigen Ausgestaltung (Soll-Modelle), da auch diese eventuell nachträglich nicht konsistent gepflegt werden. [Siehe Der09, S. 16] Daher sind Vorgehensweisen zur erstmaligen Aufnahme und der regelmäßigen Pflege der Inhalte zu etablieren, damit die Daten nicht veralten und dadurch ihren Nutzen für die EA-Initiative verlieren [Siehe Kel12, S. 160; und bestätigend, vgl. BW05, S. 65].

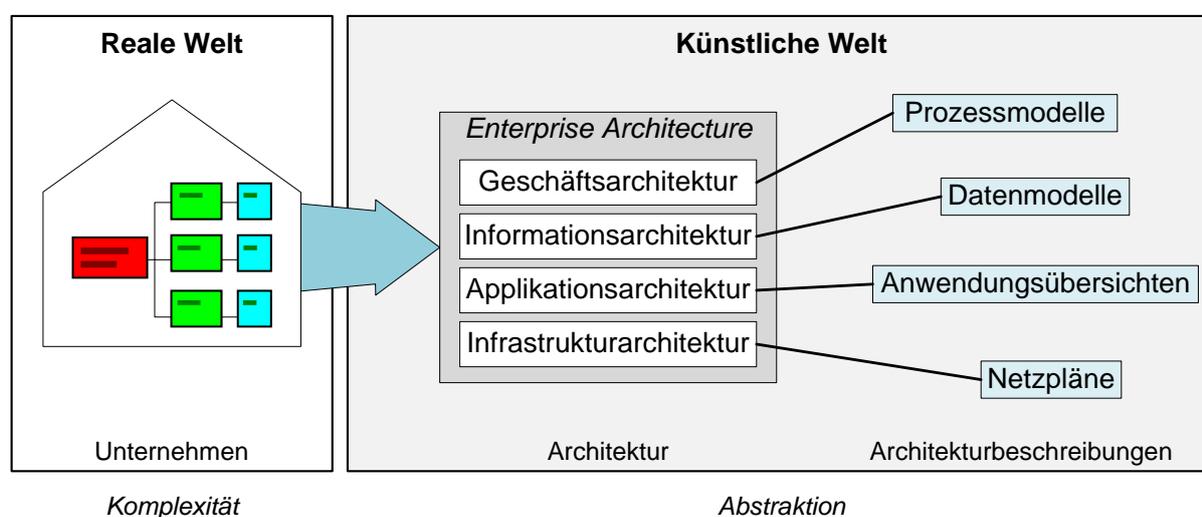
Hierbei geht es aber nicht nur um eine inhaltliche Aktualisierung der Modelle. So kann sich sogar das hinter dem Modell befindliche Metamodell zu einem zukünftigen Zeitpunkt ändern, wie durch den Wechsel von einer applikationsorientierten zu einer serviceorientierten Struktur im Rahmen eines Umsetzungsprojekts [Siehe KW07, S. 147].

Abschließend kann also festgehalten werden, dass es eine große inhaltliche Vielfalt bezüglich der Informationen jener Domänen geben kann. Ebenfalls kann der Aufbau und Umfang des EA-Metamodells je nach Unternehmen sehr individuell sein.

### 2.1.2.3 Aggregierte und detaillierte Informationen

Wie zuvor beschrieben wurde, kann neben der Breite einer Enterprise Architecture auch die Granularität als Dimension unterschieden werden [Hierzu auch siehe ARW08, S. 294]. An dieser Stelle soll daher auf diesen Aspekt eingegangen werden.

Die zu einer EA existierenden Modelle und Dokumentationen werden manchmal auch Artefakte genannt und dienen unter anderem dazu, die logische Struktur des Unternehmens oder seiner Teile abzubilden [Siehe BB12, S. 215]. Abbildung 2.2 verdeutlicht schematisch den Zusammenhang zwischen dem realen Unternehmen und der Vorgehensweise, Modelle zum Zweck der Abstraktion zu erstellen und daraus die EA zu bilden [Siehe BB12, S. 215].



**Abbildung 2.2:** Architekturbeschreibungen und die EA abstrahieren von der Komplexität der realen Welt (Quelle: Nach [BB12, S. 215])

*Dern* [Der09] weist zu Recht darauf hin, dass sich bei Architekturbeschreibungen die Aspekte Abstraktion und Detaillierung ergänzen. Ein abstrahiertes Modell ermögliche dabei eine leichte Kommunikation über den Architekturgegenstand, wobei ein detailliertes Modell für die konkrete Umsetzung erforderlich sei. Weiterhin stelle ein Modell dabei jeweils eine unterschiedliche Sicht auf den gleichen (Architektur-)Gegenstand dar.[Siehe Der09, S. 15] Die Festlegung wie detailliert oder abstrahiert ein Modell die Informationen erfassen soll, ist dabei zentral für die spätere Nutzung [Siehe Nie05, S. 15; und siehe BB12, S. 217-218].

Dieser Absatz gibt wesentliche Aussagen von *Braun* und *Winter* [BW05] wieder, wonach Modelle oftmals zu abstrakt sind und wesentliche Details vernachlässigen. Auch sehen sie es als problematisch an, wenn die Konsistenz zwischen verschiedenen Schichten nicht eindeutig gewährleistet ist. Vielmehr wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, die EA ganzheitlich zu betrachten und alle Elemente gleichermaßen zu berücksichtigen. Es wird weiter vorgeschlagen, ein eigenes Metamodell pro Ebene der EA vorzusehen, das hinreichend detailliert die Elemente der jeweiligen Ebene bzw. Domäne sowie die Konsistenz zwischen den Ebenen beschreibt.[Siehe zu diesem Absatz BW05, S. 64-65]

Vielen Ansätzen einer EA gemein ist jedoch das Vorherrschen einer abstrahierten Sicht auf das Unternehmen und dem Vernachlässigen von Details bei der Betrachtung [Vgl. ARW08, S. 292-301; Vgl. Bar10b, S. 25]. Dazu ergänzend [Siehe BW05, S. 68; und siehe Keu10a, S. 148-149], die beide ein zentrales EA-Werkzeug als erforderlich betrachten, um die Inhalte effektiv handhaben zu können. Wobei [Siehe Keu10a, S. 148-149] aussagt, dass nur die relevanten Inhalte auf einer hohen Abstraktionsebene in das EA-Werkzeug übernommen werden sollten und nicht hingegen alle Detailinformationen, die dezentral im Unternehmen in jeweils eigenen Systemen existieren.

Die Ausführungen zeigen insgesamt, dass das Spannungsfeld zwischen Detaillierung und Abstraktion der eingebundenen Inhalte gegeben ist. Hierzu sind, wie aufgezeigt, verschiedene Vorgehensweisen präsent.

#### 2.1.2.4 EA-Verständnis für diese Arbeit

Das Verständnis dieser Arbeit von einer Enterprise Architecture ist stark geprägt von dem Aspekt der ganzheitlichen Betrachtung detaillierter Informationen über das Unternehmen. Dies wurde auch bereits im konsolidierten EA-Begriffsverständnis am Ende des Abschnitts 2.1.1 deutlich, welches der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt. Die EA soll dabei eine einheitliche Sicht über die verschiedenen Informationen bieten.

Es kann jedoch festgehalten werden, dass es nicht nur zwischen IT und Geschäft eine vorherrschende Trennung gibt, die sich sowohl aufseiten der Inhalte als auch aufseiten der Dokumentation in verschiedenen Werkzeugen äußere. Dies erschwert eine übergreifende Nutzung der Enterprise Architecture, sofern nicht adäquat damit umgegangen wird. Das zeigt sich darin, dass z. B. die Architekturmodelle nicht miteinander verbunden sind oder von den Begrifflichkeiten nicht zusammenpassen.

Abweichend zu einigen EA-Ansätzen bezieht sich das EA-Verständnis der vorliegenden Arbeit auf eine Kombination aus abstrahierten und detaillierten Daten. Prinzipiell sind dabei alle Elemente eines Unternehmens sowie deren zugehörige Attribute relevant. Für die ganzheitliche Betrachtung ist eine Zusammenführung dieser in der Praxis isolierten Teilarchitekturen erforderlich. Die genaue Aufteilung ist dabei für das EA-Verständnis beliebig. Es wird keine festgelegte Struktur der Domänen oder Aufteilung von Inhalten angenommen.

### 2.1.3 Einsatzmöglichkeiten einer Enterprise Architecture

Bisher wurden der Begriff und die wesentlichen Merkmale einer Enterprise Architecture beschrieben. Ausgehend von einer ganzheitlichen Betrachtung des Unternehmens ergeben sich nun verschiedene Einsatzmöglichkeiten. Einige dieser möglichen Nutzungen sollen hier kurz benannt werden. Analog zu Abschnitt 2.1.2 kann auch hier beobachtet werden, dass EA-Initiativen oftmals vom IT-Bereich ausgehen und somit einen starken IT-Fokus haben. So überwiegen in Literatur und Praxis solche Nutzungsmöglichkeiten, die der IT-Domäne zugerechnet werden können.

Über die Existenz einer EA hinaus stellt sich die Frage, ob die Unternehmensarchitektur auch tatsächlich genutzt wird [Siehe Nie05, S. 14].

Denn in der Tat ist das Vorliegen einer EA die eine Sache, sie auch entsprechend zu nutzen, eine andere Sache - die oftmals in der Praxis nicht ausreichend erfolgt. Vielfach entstehen durch Projekte oder gesetzliche Vorgaben einzelne Modelle und somit Teile der EA, die aber nach der Erstellung nicht weiter verwendet werden. Insofern sollen die nachfolgenden Nutzungsszenarien einige Verwendungszwecke aufzeigen. Der Betrachtungsgegenstand ist dabei abhängig vom Nutzungsszenario.

Eine Grundintention einer EA ist es, optimale Lösungen für eine Problemstellung aus der Sicht des Gesamtunternehmens zu erreichen und nicht aus Sicht eines einzelnen Teilbereiches [Vgl. Lan13, S. 3].

Aufgrund des übergreifenden Charakters einer EA kann sie zunächst genutzt werden, um das Zusammenspiel u. a. zwischen der geschäftlichen Ebene und der IT-Ebene transparent zu machen, sowie um mögliche Veränderungen zu planen [Vgl. BN03, S. 9-10]. Elemente verschiedener Domänen können in Beziehung gesetzt werden, um Abhängigkeiten, Doppelentwicklungen oder fehlende Komponenten zu erkennen, sowie um Kosten zu ermitteln [Vgl. Nie05, S. 14; und vgl. ARW08, S. 294]. Des Weiteren kann eine EA für Analysen bezüglich der Komplexität eingesetzt werden oder dabei helfen, Komponenten zu konsolidieren [Vgl. ARW08, S. 294]. Darüber hinaus hilft die Transparenz durch eine EA bei Sourcing-Entscheidungen, da leichter begutachtet werden kann, welche Teilprozesse und Systeme ausgelagert oder behalten werden sollten [Vgl. Mas05, S. 14].

Ein großes Nutzenpotenzial besteht bereits in der Erfassung des Istzustands von einem Unternehmen, da somit einerseits Transparenz geschaffen wird und andererseits eine weitergehende Analyse ermöglicht wird [Siehe Nie05, S. 21; Siehe ARW08, S. 294]. Obgleich ein IT-Fokus bei den Analysen überwiegt, lässt sich die Kernaussage auf die ganzheitliche Betrachtung verschiedener Elemente des Unternehmens übertragen.

Auf Grundlage dieser Erfassung der aktuellen Situation können zudem mögliche Probleme identifiziert und Lösungsmaßnahmen ganzheitlich betrachtet werden, um nicht nur einen lokalen Teil zu berücksichtigen. Hierzu bedarf es gemäß [Siehe SWS13, S. 13] aber einer Methodik, die sich flexibel am Einsatzkontext ausrichten lässt sowie dabei die Informationen beschaffen, Stakeholder beteiligen und verschiedene Perspektiven einbeziehen kann. Dieser Meinung kann auch aufgrund eigener Praxiserfahrungen zugestimmt werden, da die Identifikation von Problemen, ähnlich der späteren Lösung, als ein kreativer Prozess angesehen werden kann.

Es wurde im Abschnitt 2.1.2 bereits auf die vorherrschende Trennung von IT und Geschäft hingewiesen. Ein EA-Einsatzbereich hierbei wird etwa in [SWS13] beschrieben und betrifft die optimale Unterstützung des Geschäfts durch die IT. Häufig bestehe demzufolge die Schwierigkeit darin, dass sich die beiden Bereiche mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten weiterentwickeln, was die Abstimmung erschwere. Eine EA helfe demnach hierbei, indem sie ein gemeinsames

Verständnis etabliere und es ermögliche, mit den unterschiedlichen Begriffswelten umzugehen. Ein fehlendes Verständnis für andere Perspektiven und unterschiedliche Begriffswelten seien dabei Hemmnisse bei der Priorisierung von Themen. [Zu diesem Absatz siehe SWS13, S. 15-16]

In Unterabschnitt 2.1.2.3 wurde bereits auf die Unterstützungsfunktion einer EA im Rahmen der Kommunikation eingegangen. In [Siehe Jon+06, S. 64] wird der Kommunikationsnutzen sogar als eine der wichtigsten Aufgaben einer EA bezeichnet, der zugleich Grundlage für eine vielfältige Nutzung der EA im Unternehmen ist. Dies kann idealerweise auch zu einem besseren, gegenseitigen Verständnis bei Entscheidungen beitragen.

Welche Aspekte von Interesse sind, hängt wie erläutert sehr entscheidend vom Kontext der Problemstellung ab. Die Repräsentationsform der Informationen sollte sich dabei nach den Bedürfnissen der Stakeholder richten. Dies stellt jedoch keine alleinige Besonderheit im Kontext einer EA dar, vielmehr ist dies in der Praxis generell angebracht. Sei es in Beratungsprojekten oder im Rahmen eines Hochschulvortrags. Stellvertretend sei etwa auf [Vgl. HLS11, S. 81 ff.] zum Aspekt der gerichteten Ansprache der Zielgruppe einer Präsentation verwiesen. Im Abschnitt 2.2.2 wird später auf die Gruppe der Stakeholder im Umfeld einer EA eingegangen.

Wurden die Architekturen entsprechend erfasst und miteinander verbunden, dann können verschiedene Analysen aus ganzheitlicher Sicht durchgeführt werden [Vgl. Lan13, S. 46]. Die Verbindungen können sich von der strategischen Ebene, über Zwischenschritte, bis hin zu einzelnen technischen Komponenten erstrecken, mit der Möglichkeit z. B. Investitionen zu planen, Entscheidungen vorzubereiten oder Veränderungen zu identifizieren [Vgl. Jon+06, S. 64].

Der Standard „ISO/IEC/IEEE 42010:2011“ [ISO11] über Architekturbeschreibungen listet verschiedene Nutzungsmöglichkeiten solcher Beschreibungen im Allgemeinen auf [Siehe ISO11, S. 8-9]. Auf dieser Abstraktionsebene sind sie durchaus auf eine Enterprise Architecture übertragbar. Die folgende Auflistung beruht auf dem genannten Standard [Siehe ISO11, S. 8-9] und weist auf einen Ausschnitt relevanter Nutzungen explizit hin:

- Beschreibung des Systems
- Kommunikationsbasis
- Durchführung von Analysen über die Architektur
- Planung der Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Architektur
- Dokumentation als Basis für die automatisierte Verarbeitung durch Werkzeuge

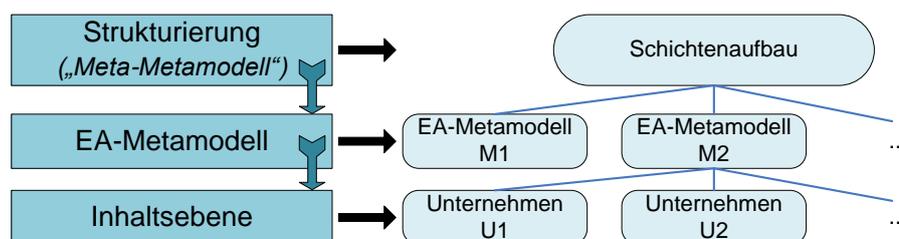
Es wurden bereits einige Auswertungs- und Analysemöglichkeiten genannt. Denkbar sind zudem noch weitergehende Analysen, die aber noch nicht etabliert sind. Auch in der Forschung befindet sich dieses Thema in einer frühen Phase. Auf den speziellen Aspekt von Analysen im EA-Umfeld geht das Kapitel 3 gesondert ein.

#### **2.1.4 Teile einer Enterprise Architecture**

Dieser Abschnitt beschäftigt sich zunächst mit der Strukturierung einer EA durch verschiedene Teilarchitekturen. Anschließend wird auf das Konzept der Capabilities, als Elemente einer spezifischen Teilarchitektur, eingegangen.

### 2.1.4.1 Strukturierung der Enterprise Architecture mittels Schichten

Die Erläuterungen zum Begriffsverständnis einer Enterprise Architecture einerseits (Abschnitt 2.1.1) und den EA-Merkmalen andererseits (Abschnitt 2.1.2) machen eines bereits recht deutlich: Es gibt nicht „die eine“ Struktur für EAs. Inhaltlich sind sie in der Regel individuell je nach Unternehmen und Einsatzzweck ausdifferenziert. In Abbildung 2.3 ist dies mit der untersten Ebene verdeutlicht. Auf die drei Ebenen (Inhaltsebene, Metamodell, Strukturierung) wird nachfolgend eingegangen.



**Abbildung 2.3:** Schematische Darstellung der EA-Metamodell-Vielfalt und der unternehmensindividuellen Ausprägungen (Quelle: Eigene Darstellung)

Bei den EA-Metamodellen auf der mittleren Ebene von Abbildung 2.3 ist ein großer Variantenreichtum vorhanden. Eine sehr umfassende Sammlung findet sich in [Siehe Mat11], wo mehr als 50 EA-Ansätze aufgelistet sind, 30 davon mit einer näheren Beschreibung ihrer Metamodelle. In einer EAM-Werkzeug-Evaluation in [Siehe Mat+08] werden zudem entsprechende Software-Lösungen vorgestellt, die oftmals neben der Unterstützung allgemeiner EA-Ansätze auch eigene Metamodelle beinhalten. Das steigert somit die Anzahl vorhandener EA-Ansätze nochmals. Vor diesem Hintergrund ist auch zu berücksichtigen, ob das Metamodell des Werkzeugs anpassbar ist oder nicht. Denn wie erläutert kann ein EA-Vorhaben in einem Unternehmen sehr individuell sein. Ein kaum oder nur schwer anpassbares Metamodell kann ein EA-Vorgehen stark beeinflussen. Insbesondere dann, wenn das eigene Vorgehen gezwungenermaßen dem Werkzeug angepasst werden müsste. Analog etwa einer Warenwirtschafts-Software, die bestimmte Prozesse vorgibt und ein Unternehmen sich danach richten müsste, anstatt die eigenen Prozesse in der Software abbilden zu können.

Ein oft zitiertes Werk von *Schekkerman* [Siehe Sch04] trägt den bezeichnenden Titel „How to survive in the jungle of Enterprise Architecture Frameworks: Creating or choosing an Enterprise Architecture Framework“. Es bedarf solcher Überblicksliteratur, um diese Vielfalt zu ordnen. Das Wissen um die Vielfalt von EA-Metamodellen ist der erste wichtige Aspekt, auf den dieser Abschnitt eingeht. Für einen allgemein einsetzbaren EA-Analyseansatz, wie er im Rahmen dieser Arbeit eingeführt wird, ist daher die Flexibilität bezüglich des Metamodells entscheidend.

Wird allerdings von der Ebene der EA-Metamodelle abstrahiert, so ist festzustellen, dass die Metamodelle überwiegend einem Schichtenaufbau folgen, wie es in Abbildung 2.3 in der obersten Ebene angedeutet ist. Dies belegt auch die Sammlung von EA-Ansätzen in [Siehe Mat11]. Auch *Braun* und *Winter* [BW05] verweisen auf eine Schichtenarchitektur als geeignete Strukturierung, insbesondere um die Komplexität im Gegensatz zu einem einzigen, großen Modell mit allen Elementen zu reduzieren. Die Aufteilung in Schichten folge den verschiedenen Sichten auf die Teile des Unternehmens und werde oftmals in verschiedenen Modellen dokumentiert. Hierbei sei nach ihnen zugleich die Konsistenz zwischen den einzelnen Modellen sicherzustellen. [Siehe BW05, S. 65-67] Bei dieser Aufteilung könnte sich für jede Schicht wiederum ein definiertes Metamodell ergeben, was die relevanten Elemente und Verbindungen innerhalb einer Schicht festlegt.

Vom Ziel des EA-Einsatzes ist es abhängig, welche Perspektiven dabei relevant sind, wobei die Verbindungen zwischen den Perspektiven zusätzlich festzuhalten sind, um die gegenseitigen Beziehungen zu verdeutlichen [Siehe SWS13, S. 20].

Auf eine sehr grobe Klassifizierung der Schichten verweist *Matthes* [Mat11], bei der nach seiner Beobachtung die EA-Konzepte oftmals „[. . .] einer klassischen Dreiteilung von fachlicher, logischer und physischer Schicht [. . .]“ [Mat11, S. 10] folgen.

Vor dem Hintergrund der Vielfalt von EA-Ausprägungen leiten *Winter* und *Fischer* [Siehe WF07] typische EA-Schichten, zugehörige Elemente und Abhängigkeiten dazwischen ab, da sich kein alleiniger Standard etabliert habe. Allerdings kann ausgehend von den zuvor erläuterten Aspekten auch nicht von einem Entwurf eines solchen einheitlichen Standards für alle EAs ausgegangen werden. Auch wenn die Ausgestaltung der im Umlauf befindlichen Metamodelle abweichend ist, so kann die Ordnung aus [Siehe WF07] als ein geeigneter Denkraum angesehen werden, der den Schichtenaufbau konsistent beschreibt. Intention der vorliegenden Arbeit ist es nicht, diese Ordnung zu bewerten. Vielmehr soll der generelle Aufbau eines Schichtenmodells, stellvertretend für andere Schichtenmodelle, skizziert werden.

*Winter* und *Fischer* [Siehe WF07, S. 8 ff.] beschreiben fünf Schichten einer EA, die nachfolgend wiedergegeben werden:

**Business Architecture** Diese Schicht enthält Elemente unter anderem zu der Unternehmensstrategie und den Unternehmenszielen sowie Beziehungen zu Externen (Kunden, Lieferanten) und zu den angebotenen Dienstleistungen.

**Process Architecture** Die nächstniedrigere Schicht beschäftigt sich mit den Leistungen des Unternehmens, von der Entwicklung bis zum Vertrieb. Sie umfasst unter anderem Elemente zu den Geschäftsprozessen und den Organisationseinheiten.

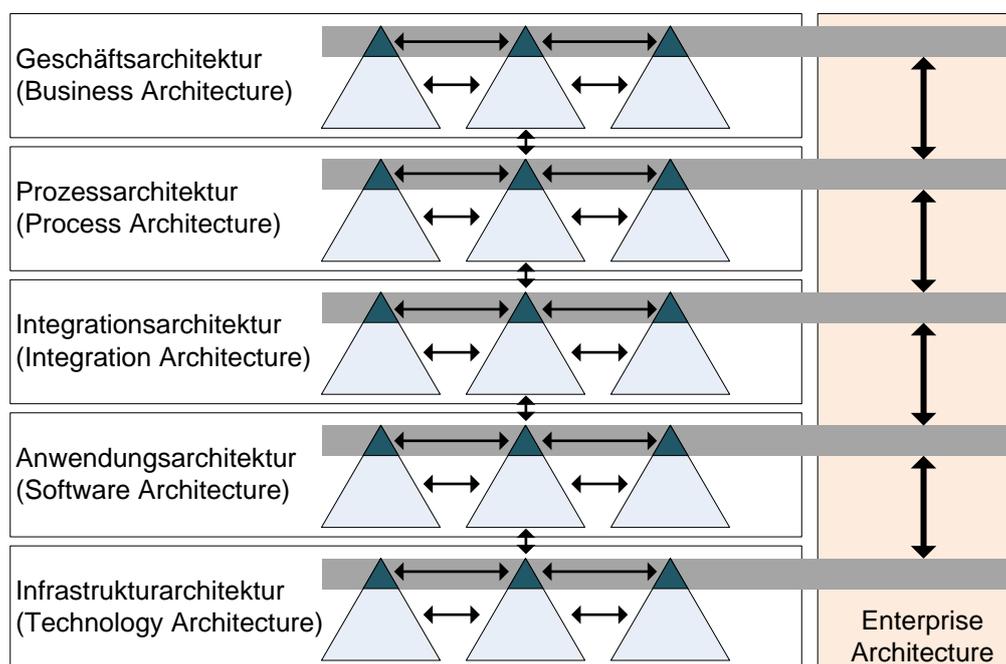
**Integration Architecture** Diese dritte Schicht befasst sich mit den Informationssystemen des Unternehmens. Als Elemente sind oftmals interne Unternehmensservices (aus fachlicher Sicht) und Applikationen enthalten.

**Software Architecture** Unterhalb der Informationssysteme befasst sich diese Schicht mit den einzelnen Softwarekomponenten und Datenstrukturen.

**Technology (or Infrastructure) Architecture** Diese unterste Ebene umfasst die Elemente der Hardware und des Netzwerks.

Festzuhalten ist, dass die einzelnen Metamodelle wie zuvor erwähnt, je nach Hintergrund oder Einsatzzweck sehr unterschiedliche Schwerpunkte setzen können und dadurch die konkreten Modelle stark abweichend ausdifferenziert sein können. EA-Ansätze könnten etwa auf einzelne Schichten verzichten oder einige Schichten stark betonen, indem sie diese sehr differenziert ausgestalten [Hierzu vgl. BW05, S. 67; und vgl. Nie05, S. 76]. In [Siehe SWS13, S. 21-22] wird etwa eine Perspektive für die Geschäftsregeln ergänzt, um solche Regeln zu erfassen, die sich auf den Ablauf der Geschäftsprozesse auswirken können. Die Definition einer eigenen Schicht für diese Regeln hebt den Stellenwert entsprechend hervor. Andere Ansätze verzichten eventuell auf das Konzept dieser Regeln oder sehen nur ein einfaches Element in einer bestehenden Ebene vor [Für eine Übersicht über verschiedene Ansätze, vgl. Mat11]. Demgegenüber wird in [Vgl. Mas05, S. 17] die Geschäftsprozess-Architektur aus der Betrachtung herausgenommen und auf die IT-Inhalte fokussiert.

Winter und Fischer [WF07] weisen darauf hin, dass die Elemente in den verschiedenen Schichten auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen modelliert werden können. Nach ihnen gehe dabei jedoch nur die Menge der stark aggregierten Elemente mit deren Beziehungen in die eigentliche EA ein, wie in der Abbildung 2.4 verdeutlicht wird. [Siehe WF07, S. 8-9] Die einzelnen Teilarchitekturen hingegen beinhalten alle detaillierten Informationen und werden mitunter jeweils in einem oder mehreren eigenständigen Werkzeugen dokumentiert, wobei Methoden und Schnittstellen für die Verbindung der Teilarchitekturen mit der EA erforderlich wären [Siehe WF07, S. 9-12]. Somit besteht eine Trennung zwischen den detaillierten Teilarchitekturen und der EA. Auch in [Siehe Lan13, S. 45-46] wird die Notwendigkeit beschrieben, verschiedene Modelle mit Teilinhalten zu integrieren, wobei jedoch gleichzeitig auch die Herausforderungen bei der Integration hervorgehoben werden, etwa hinsichtlich der Inkompatibilität der Teilmodelle.



**Abbildung 2.4:** Nur aggregierte Informationen und Beziehungen aus den einzelnen Schichten werden in die Enterprise Architecture übernommen (Quelle: Nach [WF07, S. 9])

Die verschiedenen Teilarchitekturen bzw. -modelle und Abstraktionsebenen können hierbei ganz unterschiedliche Notationsformen verwenden. Für detaillierte Prozessdarstellungen ist gegenwärtig BPMN 2.0 (Business Process Model And Notation) [Zum Standard siehe OMG13; und ergänzend vgl. Sil12a] ein sehr verbreiteter Standard. Alternativ sind auch EPKs, die Ereignisgesteuerten Prozessketten [Stellvertretend vgl. KNS92], in der Praxis vorzufinden. Deutlich abstrahierter sind die Prozesslandkarten, die auch eine Prozesssicht darstellen [Stellvertretend vgl. BAW13]. Die Inhalte werden dabei in einem oder mehreren entsprechenden Werkzeugen abgelegt. Anwendungen sind dagegen oftmals in UML (Unified Modeling Language) [Stellvertretend vgl. BRJ06] modelliert oder in proprietären Werkzeugen zur Modellierung der IT-Landschaft dokumentiert, wovon nicht zwingend ein standardisiertes Metamodell liegen muss. Informationen können strukturiert in Datenbanksystemen gespeichert werden, wozu jeweils entsprechende Datenmodelle vorab zu definieren sind [Vgl. Krc15, S. 70 ff.]. Auch werden Informationen in der Praxis in isolierten Dateien (z. B. Tabellenblatt) abgelegt, ohne dass ein abgestimmtes Datenmodell für die Inhalte durch das Unternehmen selbst vorgesehen wurde.

Niemann [Nie05] verweist darauf, die Enterprise Architecture nicht zu komplex auszugestalten, damit sie nutzbar bleibt und nicht mit zu vielen Details überladen wird. Diese seien nach ihm in entsprechenden Detailmodellen abzulegen.[Siehe Nie05, S. 77]

Die aggregierten Elemente werden demnach in die EA übernommen, die detaillierten Informationen der eigenständigen Modelle bzw. Teilarchitekturen verbleiben dagegen ausschließlich in den dedizierten Werkzeugen.

Für ausführlichere Auswertungen, wie sie Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind, werden jedoch regelmäßig detaillierte Informationen benötigt. Anzumerken ist hierbei die Herausforderung, dieses Zusammenspiel geeignet zu gestalten und somit Detaildaten aus einzelnen Modellen in Gesamtanalysen entsprechend einfließen zu lassen. Hier ergibt sich somit ein Spannungsfeld zwischen der aggregierten Sicht der EA und der Verfügbarkeit von detaillierten Informationen in dedizierten Modellen. Folglich müssten für einen umfassenden Gesamtüberblick im Rahmen ausführlicher Auswertungen verschiedene Modelle miteinander verbunden werden, um alle notwendigen Elemente und Aspekte einbeziehen zu können. Abschnitt 5.2 wird später auf Herausforderungen und Ansätze zur Kombination verschiedener Teilarchitekturen gesondert eingehen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es in den verschiedenen Domänen eines Unternehmens verschiedene Architekturansätze bzw. Modellierungsprinzipien für die Teilmodelle geben kann, und zudem unterschiedliche Reifegrade und Umfänge vorliegen können [Siehe Lan13, S. 76]. Auf eine weitere Herausforderung wird in [Siehe Bar10b, S. 29] treffend hingewiesen, wonach die einzelnen Teilarchitekturen in der Praxis oftmals noch nicht vollständig vorliegen und erst im Zeitverlauf ausdifferenziert und dokumentiert werden. Insofern stellen die Schichtenmodelle Idealvorstellungen dar, welche Inhalte enthalten sein sollten. In der Praxis stehen oftmals aber zunächst weniger Informationen zur Verfügung.

Wie im Abschnitt 2.1.3 beschrieben, ist die Dokumentation von Inhalten in den Modellen wichtig, doch ein größerer Nutzen entsteht erst durch die Verwendung der Inhalte. Die Berücksichtigung von EA-Schichten in Veröffentlichungen hat *Schönherr* [Sch09] in seiner Literaturanalyse untersucht. Die folgenden Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf dieser Literaturanalyse und geben einige der wesentlichen Ergebnisse wieder. Der Studie zufolge beschäftigen sich nur rund 43 % der Veröffentlichungen mit zwei oder mehr Architekturschichten. 28 % beziehen sich nur auf eine Schicht, 29 % der Veröffentlichungen machen keine Aussage zu einer bestimmten Schicht. Übergreifende Betrachtungen und entsprechende Ansätze sind somit vergleichsweise selten. Werden alle Referenzen auf Architekturschichten zusammengezählt, so beziehen sich etwa 33 % der Veröffentlichungen auf die sogenannte Organization-Schicht (vergleichbar mit der Process Architecture bzw. Prozessarchitektur zuvor), wobei darin fast ausschließlich Geschäftsprozesse betrachtet werden. Rund 21 % der Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Applications-Schicht bzw. Application-Landscape-Schicht (vergleichbar mit der Software Architecture zuvor). Die Veröffentlichungen, welche zwei und mehr Schichten betrachten, fokussieren überwiegend auf fachliche Schichten, insbesondere die Kombination aus Organization und Information, also solchen Elementen bezüglich der Datenmodelle. Die Schichten Strategie und Infrastruktur werden kaum in die Kombinationen einbezogen.[Zu diesem Absatz siehe Sch09, S. 404-406]

Die Ansätze sind folglich selten übergreifend bzw. ganzheitlich orientiert. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass nur 5 % aller in [Siehe Sch09, S. 404-406] betrachteten Referenzen zu Architekturschichten auf die Integration-Schicht entfallen.

Ganzheitliche Nutzungsansätze der EA-Schichten sind somit selten und bedürfen verstärkter Aufmerksamkeit, um diese Nutzenpotenziale einer EA vollständig zu realisieren. Recht ähnli-

che Resultate ergeben sich auch in der Literaturanalyse in [Siehe Sim13, S. 26-30], wonach die Applications-Schicht und die Organization-Schicht zu den am häufigsten berücksichtigten Schichten gehörten.

*Aier, Riege* und *Winter* [ARW08] heben hervor, dass die Methodiken bezogen auf einzelne Teilarchitekturen fundiert erarbeitet und verbreitet im Einsatz sind. Demgegenüber stellen sie zusätzlich heraus, dass gerade das Handlungsfeld der Verbindung der Teilarchitekturen zur übergreifenden EA weniger stark erarbeitet und demnach von Interesse ist.[Siehe ARW08, S. 301] Aus eigener Praxiserfahrung kann dies auch heute noch bestätigt werden. Der effektive Umgang mit der Integration von bestehenden Teilarchitekturen ist ein relevantes Thema.

Abschließend sei noch auf den üblicherweise im Kontext der EA-Schichten weniger betrachteten Bereich der Detailinformationen eingegangen, wie z. B. Prozesszeiten oder IT-Kosten. Es ist zu beobachten, dass diese Informationen deutlich seltener innerhalb der EA berücksichtigt werden, verglichen mit den vielfach benannten, eher strukturellen (und zugleich abstrahierten) Informationen [Hierzu stellvertretend vgl. Keu10a]. Ein Beispiel sind etwa Werkzeuge für das Prozessmanagement, in denen die Prozesse detailliert modelliert werden, wovon jedoch oftmals nur die abstrahierte Teilprozess-Zerlegung in die EA übernommen wird [Siehe Keu+10, S. 192]. Weitere Informationen liegen oftmals nur dezentral in verschiedenen Werkzeugen und Dateien bereit, wodurch nicht ohne Weiteres eine übergreifende Auswertung durchgeführt werden kann [Siehe Keu+10, S. 189]. Eine Übernahme von Zahlen und Daten in die EA erfolgt in der Regel nur punktuell zu einer bestimmten Fragestellung (siehe Abschnitt 2.1.3). In der EA sind diese Informationen daher selten berücksichtigt.

#### 2.1.4.2 Capabilities in der Detailbetrachtung

Im Abschnitt zuvor wurde eine Übersicht über verschiedene Teilarchitekturen einer Enterprise Architecture gegeben. Auf ein bestimmtes Element aus einer Teilarchitektur soll aufgrund seiner Relevanz für die vorliegende Arbeit in diesem Abschnitt gesondert eingegangen werden: die Capability. Capabilities sind in jüngerer Zeit immer mehr in den Fokus der Betrachtung gerückt [Vgl. Kel12, S. 67]. Dabei reichen die Ursprünge bis in die 1980er Jahre zurück, wo sie im Zuge der Untersuchung von Wettbewerbsvorteilen und dem Einsatz von Ressourcen verwendet wurden [Stellvertretend zur Historie vgl. Gra96; und vgl. BMH05].

Eine anwendungsorientierte Definition des Begriffs *Capability* gibt *Merrifield* [Siehe Mer06]:

„A capability is an abstract statement of 'what' work is being done in a certain area, such as 'pay employees' – and 'how' that is done in terms of people, process, and Technology, are implementations of that capability. How it gets done changes often in most companies, but what is getting done is comparatively far more stable.“[Mer06, S. 1]

Der Definition folgend beschreibt eine Capability somit lediglich, was zu tun ist, nicht jedoch, wie dieses konkret zu geschehen hat. Das wäre die Realisierung. Gleichzeitig wird auf die Stabilität der Capabilities im Zeitverlauf im Gegensatz zu Prozessbeschreibungen hingewiesen, die sich häufiger und schneller ändern können.[Zur Definition siehe Mer06, S. 1]

Ergänzend definiert *The Open Group* [The09] eine Capability wie folgt:

„An ability that an organization, person, or system possesses. Capabilities are typically expressed in general and high-level terms and typically require a combination of organization, people, processes, and technology to achieve. For example, marketing, customer contact, or outbound telemarketing.“[The09, S. 28]

Diese zweite Definition ist recht universell. So könne es sich um eine Fähigkeit von einer Organisation, einer Person oder einem System handeln. Ebenfalls ist die explizite Aussage relevant, dass es sich häufig um ein Zusammenspiel aus Prozessen, Technologie, Personen oder der Organisation handle.[Siehe The09, S. 28]

Obleich der zunächst universellen Ausrichtung des Begriffs der Capability, zu Deutsch Fähigkeit, wird das Konzept als Geschäftsfähigkeit oft der Geschäftsarchitektur (oder siehe Abschnitt 2.1.4.1, der Process Architecture) zugeordnet [Stellvertretend hierzu siehe Bar10b, S. 24-28]. Diesbezüglich wird auch von einer Business Capability gesprochen.

Dazu führen *Moser* und *Kirchner* [MK13] aus, dass dann die Beschreibung der Fähigkeiten aus fachlicher Sicht im Vordergrund stehe, ohne die Umsetzung durch IT konkret vorzugeben. Eine Fähigkeit solle zudem eine längerfristig unveränderliche, in sich geschlossene Beschreibung haben und von anderen Fähigkeiten abgegrenzt sein. Zugleich heben sie den Querschnittscharakter der Geschäftsfähigkeiten hervor, denn auch sie sehen die Leistungserbringung einer Fähigkeit als eine Kombination aus Geschäftsprozessen, Mitarbeitern und IT-Einsatz.[Siehe MK13, S. 314-320]

Neben der verbreiteten Interpretation als implementationsneutrale Geschäftsfähigkeiten werden in einigen Ansätzen, etwa in [Vgl. Bar10b, S. 24-30; Vgl. Keu10a, S. 159-170], zusätzlich explizit IT-Fähigkeiten unterschieden. Diese werden von Anwendungen bereitgestellt und repräsentieren die Realisierung eines gewissen Funktionsumfangs zur Unterstützung der Geschäftsfähigkeiten [Siehe Keu10a, S. 162-165]. Dieser Themenkomplex der IT-Unterstützung des Geschäfts wird auch *Business-IT-Alignment* genannt und ist Gegenstand umfangreicher Ausarbeitungen [Stellvertretend vgl. Kel12, S. 36 ff.].

Aufgrund des allgemeinen Charakters einer Geschäftsfähigkeit variiert die Relevanz abhängig vom konkreten Unternehmen. So kann es für ein Unternehmen geeignet sein, die Geschäftsfähigkeit sehr intensiv durch IT zu unterstützen, während bei einem anderen Unternehmen die gleiche Geschäftsfähigkeit weniger relevant ist und die Kosten für eine IT-Unterstützung unverhältnismäßig wären [Siehe Kel12, S. 69].

Die Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf der Ausarbeitung von *Grant* [Gra96], der eine Strukturierung der (fachlichen) Capabilities in Form einer Hierarchie vorschlägt. Auf der untersten Hierarchieebene ordnet er sehr spezifische, eng und klar umrissene Capabilities ein. Etwa solche, die nur einen kleinen Tätigkeitsschritt repräsentieren. Durch Kombination einzelner, spezifischer Capabilities ergeben sich dann auf der nächsthöheren Ebene etwas weiter gefasste Capabilities, die einen größeren funktionalen Bereich abdecken. Die Zuordnung von mehreren Capabilities zu einer übergeordneten Capability ist dabei eindeutig. Diese Ebenenbildung ist prinzipiell mehrfach anwendbar, bis zu einer definierbaren obersten Ebene, die jedoch sehr abstrahiert die Gesamtfachlichkeit abbilden wird. Die Capability-Hierarchie ist prinzipiell unabhängig von der Aufbauorganisation der Unternehmung. So richten sich die Capabilities etwa nicht nach Abteilungen, sondern beschreiben losgelöst davon die Fachlichkeit des Unternehmens.[Zu diesem Absatz siehe Gra96, S. 377-378]

*Barkow* [Bar10b] bringt die Aspekte der Hierarchie einerseits und der Darstellung der Fachlichkeit andererseits zusammen und umschreibt die Geschäftsfähigkeiten als „[. . .] funktionsorientierte Dekomposition der Unternehmensfunktionen [. . .]“ [Bar10b, S. 21].

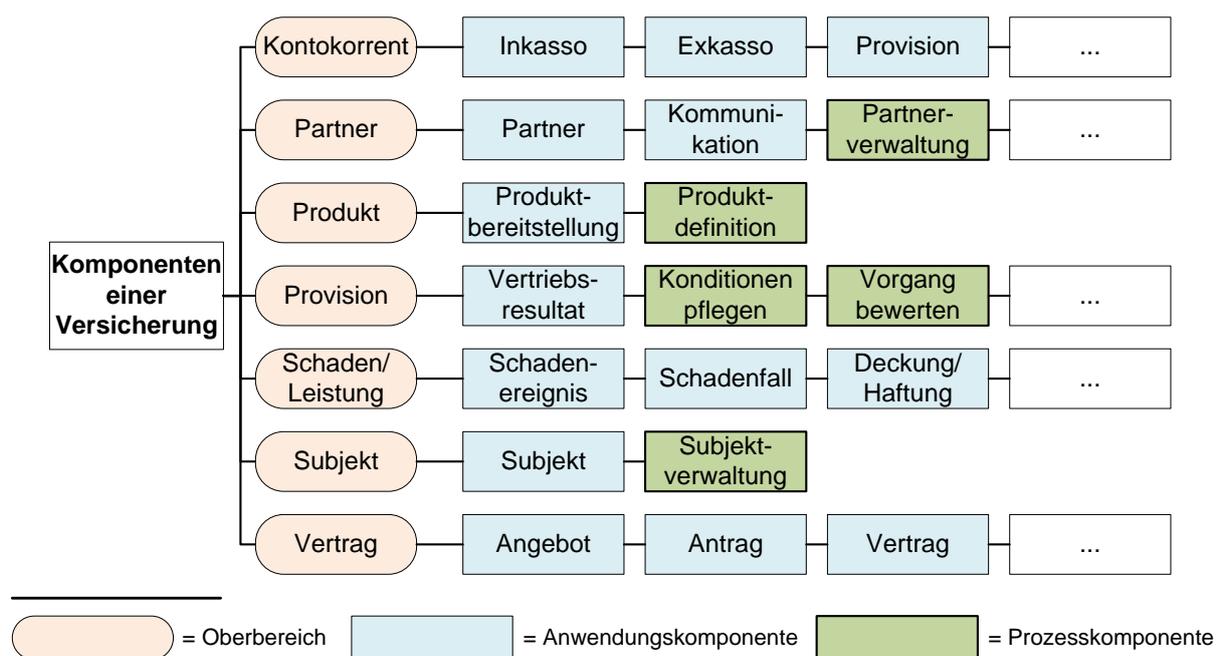
Diese Strukturierung von Business Capabilities im Kontext von EA-Ansätzen kann in Form von sogenannten *Business Capability Maps* erfolgen, die oft hierarchisch aufgebaut sind und sich ausgehend von abstrakteren Fähigkeiten auf den oberen Ebenen, nach unten hin weiter ausdifferenzieren [Siehe MK13, S. 317-318]. Als Quelle für solche Business Capability Maps wird in [MK13] einerseits das Konzept der Wertschöpfungskette nach *Porter* [Por85] genannt,

bei dem die Primäraktivitäten und Sekundäraktivitäten Kandidaten für Capabilities seien. Andererseits könne als Quelle auch auf verschiedene branchenbezogene oder branchenneutrale Ausarbeitungen zurückgegriffen werden.[Siehe MK13, S. 318-320]

Die Nutzung des Wertschöpfungsgedankens oder der Rückgriff auf existierende Capability Maps erscheint sinnvoll, um die Erstellung einer solchen Hierarchie für das eigene Unternehmen zu vereinfachen. Die oberen Ebenen der Hierarchie sind für viele Unternehmen, zumindest einer Branche, erwartungsgemäß ähnlich. Die untersten Ebenen dagegen werden eher branchenindividuell oder sogar unternehmensspezifisch ausgestaltet sein. Eine branchenspezifische Capability Map liefert gemäß [Mer06] eine fast vollständige Grundlage für die Geschäftsarchitektur eines Unternehmens. Zugleich würden sich in der Ausgestaltung der Capabilities mittels Prozessen und IT-Unterstützung gerade die Unterschiede zwischen den Wettbewerbern manifestieren.[Siehe Mer06, S. 1]

In einigen Branchen gab es bereits Initiativen, solche funktionalen Referenzmodelle für die jeweilige Branche zu standardisieren. So wurde 2001 für die Versicherungsbranche mit der VAA (Versicherungs-Anwendungs-Architektur) eine Anwendungsarchitektur für die deutsche Versicherungswirtschaft entwickelt [Siehe GDV01]. Der Ansatz der VAA ist stark IT-getrieben und zielt auf die Standardisierung der fachlichen Funktionalität von Versicherungssoftware ab, um entsprechende Bausteine austauschbar offerieren zu können [Vgl. AKV01, S. 5].

Ein Bestandteil der VAA ist das VAA-Komponentenmodell, welches die Zerlegung eines Versicherungsunternehmens in fachliche Bereiche und Komponenten verdeutlicht [Siehe AKV01, S. 8-15; sowie ergänzend vgl. Sch10g, S. 145-149]. In Abbildung 2.5 wird ein Ausschnitt des Komponentenmodells aus [AKV01] dargestellt. Die Komponenten gliedern sich unterhalb von sieben Oberbereichen einerseits in Prozesskomponenten zur Beschreibung von Abläufen sowie andererseits in Anwendungskomponenten als Bereitstellungen allgemeingültiger Funktionen und Daten für die Verwendung in Prozesskomponenten [Siehe AKV01, S. 14]. Das Komponentenmodell stellt somit eine mögliche Ausgangsbasis für eine Capability Map dar.



**Abbildung 2.5:** Ausschnitt des VAA-Modells für die Komponenten einer Versicherung (Quelle: Nach [AKV01, S. 15])

Unternehmen können die VAA und ihre Referenzarchitekturen direkt oder als Ausgangspunkt für eigene Ausprägungen verwenden [Siehe Sch10g, S. 138-139]. Versicherungsunternehmen und Beratungshäuser haben oftmals eigene fachliche Modelle im Einsatz, welche durch Fachwissen und Erfahrungen geprägt sind und sich im jeweiligen Haus entwickelt haben.

Deshalb sind verschiedene Ausprägungen eines solchen fachlichen Modells denkbar. Eine häufige Basis für die erste Strukturierung ist die Sammlung der „[. . .] fachlichen und organisatorischen Handlungsfelder (= Domänen) eines Versicherungsunternehmens [. . .]“ [Asc10a, S. 129]. Dies wird auch als sogenannte „Domänen-Architektur“ [Asc10a, S. 129] bezeichnet.

*Hilgert* und *Thiele* [HT11] beschreiben ein konkretes Beispiel einer solchen Domänen-Architektur bzw. eines Domänen-Modells für die ERGO Versicherungsgruppe. Die nachfolgende Vorstellung des Beispiels in diesem Absatz beruht auf ihren Ausführungen. So benennen sie das Ziel, die IT-Unterstützung des Geschäfts besser zu steuern. Die IT-Landschaft sei zuvor nur aus einer technischen Perspektive und nicht übergreifend, sondern isoliert für einzelne Versicherungssparten betrachtet worden. Das Domänen-Modell sollte eine übergreifende fachliche Sicht widerspiegeln. Das korrespondiert mit der zuvor erläuterten Intention der Capabilities als Verbindung zwischen Fachseite und IT-Seite. Das Domänen-Modell der ERGO beinhaltet analog zu einer Capability Map auch eine Hierarchie. Der VAA entsprechend bilden bei [HT11] Domänen (z. B. „Schaden und Leistung“ [HT11, S. 241]) bzw. Handlungsfelder des Versicherungsunternehmens die oberste Strukturierungsebene. Auf hoher Flugebene wird dadurch die gesamte Fachlichkeit einer Versicherung abgedeckt. Für jede Domäne ergeben sich auf der nächstfolgenden Ebene dann die Geschäftsfähigkeiten (z. B. „Schaden- und Leistungsbearbeitung“ [HT11, S. 241]), was direkt mit den Business Capabilities zuvor korrespondiert. Damit verbunden werden auch zugehörige Geschäftsobjekte, wie z. B. Vertrag, definiert. Jede Geschäftsfähigkeit wird nochmals zerlegt in Geschäftsfunktionen (z. B. „Schaden-/Leistung regulieren“ [HT11, S. 241]), die wiederum Aktivitäten gruppieren. Das Modell bietet damit eine redundanzfreie fachliche Beschreibung einer Versicherung. Zudem ist die Struktur über den Zeitverlauf sehr stabil und erfährt kaum Änderungen. Im Gegensatz zu den sich eher ändernden Geschäftsprozessen. [Zu diesem Absatz siehe HT11, S. 237 ff.]

Umstrukturierungen, Neuorganisationen oder neue (z. B. gesetzliche) Vorgaben sind kurz- und mittelfristig durchaus wahrscheinlich und können eine teilweise deutliche Veränderung der Organisationsstruktur und der Prozesse bewirken. Die Capabilities hingegen bleiben längerfristig stabil und ändern sich lediglich, z. B. bei einer gravierenden Veränderung des Geschäftsmodells [Siehe Han12, S. 9].

Auch in [KVK11] wird ein in der Praxis bei der RheinLand Versicherungsgruppe eingesetztes Domänen-Modell beschrieben. Das Modell ist dabei aus fachlicher Perspektive erstellt, sodass Fragestellungen von den verschiedenen Beteiligten aus fachlicher Sicht, ohne ein zugrunde liegendes IT-Begriffsverständnis, betrachtet werden können. [Siehe KVK11, S. 228-230]

Neben diesen Praxisbeispielen aus der Versicherungsbranche gibt es vergleichbare Nutzungen in anderen Branchen. Hierzu kann auf die Telekommunikationsbranche [Vgl. ITU08] oder den Bankensektor [Vgl. Praxisbeispiel PF10] verwiesen werden. Wobei Ausprägung und Detaillierung voneinander abweichen, da es sich einerseits um unterschiedliche Branchen und andererseits um andere Unternehmen mit individuellen Schwerpunktsetzungen handelt.

Im Fall des soeben erwähnten Praxisbeispiels aus dem Bankensektor gehörte zu den Zielen der Etablierung des Modells, die Schaffung „[. . .] einer normierten Sprache zwischen Fachbereich und IT [. . .]“ [PF10, S. 237].

Insgesamt zeigen die Beispiele, dass ausgehend von einer Strukturierung mittels eines Domänen-Modells auf den unteren Ebenen unterschiedliche Elemente genutzt werden könnten.

Entweder die beschriebenen Capabilities, Geschäftsfunktionen oder andere mögliche Konzepte. Dennoch kann festgehalten werden, dass ein Domänen-Modell ein geeignetes Strukturierungsmittel für eine fachliche Zerlegung darstellt. Zugleich verdeutlichen die Beispiele, dass ein solches Modell in der Praxis vielfach erprobt ist. Auch wird mit einem solchen Modell versucht, ein allgemeines Begriffsverständnis zu etablieren. Der Aufbau und die Struktur eines solchen Modells können unterschiedlich gewählt sein, je nach Ausgestaltung durch das einsetzende Unternehmen und individuellen Kriterien. Auf das nähere Vorgehen zur Bildung eines solchen Funktionsmodells soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Stattdessen wird auf die entsprechende Literatur verwiesen, wie etwa [Stellvertretend vgl. Krc15, S. 66-69].

Sollte ein Unternehmen zu Beginn noch nicht über eine solche Sammlung von Capabilities verfügen, kann es jedoch initial auf die branchenneutralen oder branchenspezifischen Modelle mit vordefinierten Capabilities zurückgreifen [Siehe Kel12, S. 70]. Hier ist stets individuell für das Unternehmen zu bewerten, welches Modell und welche Ausprägung sinnvoll und angemessen ist. Durch die Verfügbarkeit und die beschriebenen Vorgehensweisen zur Ableitung eines solchen Modells kann es prinzipiell als verfügbar angesehen werden.

## 2.2 Enterprise Architecture Management

Im Abschnitt 2.1 wurde auf das Konzept der Enterprise Architecture (EA) als Beschreibungsmodell eines Unternehmens und seiner Bestandteile eingegangen. Es wurde dargestellt, dass das Konzept EA sehr unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Einige grundsätzliche Einsatzmöglichkeiten wurden bereits erläutert (siehe Abschnitt 2.1.3). Diese lassen sich umfassender in eine eigene Managementdisziplin integrieren - das *Enterprise Architecture Management* (EAM). In diesem Abschnitt soll das EAM zur besseren Einordnung der Thematik und der Nutzungsszenarien des vorzustellenden Ansatzes eingeführt werden.

### 2.2.1 Begriffsklärung Enterprise Architecture Management

Beim Enterprise Architecture Management (EAM) handelt es sich allgemein um eine Managementfunktion rund um die Enterprise Architecture, die im deutschsprachigen Raum oft gleichbedeutend als *Unternehmensarchitektur-Management* bezeichnet wird [Siehe Bar10b, S. 18-19].

Wie *Winter, Legner* und *Fischbach* [WLF14] nachzeichnen, entwickelte sich das Thema EA zunächst alleine und erst später erweitert um den Managementaspekt als eigenständige Disziplin. Zudem stellen sie heraus, dass sich der Fokus vom reinen Herausbilden von Modellen hin zum Management sowie der Einbindung in die strategischen und operativen Aspekte des Unternehmens verlagert. Gleichwohl schätzen sie das EAM als junge Disziplin ein, die weiterer Erarbeitung bedarf.[Siehe WLF14, S. 1-2]

Der Managementaspekt bezieht sich besonders auf das Management der EA-Elemente aus ganzheitlicher Sicht und dient somit der übergreifenden Planung und Steuerung [Hierzu stellvertretend siehe Bar10b, S. 23; und siehe MK13, S. 313-314].

Analog zur bereits skizzierten inhaltlichen Vielfalt einer EA, den verfolgten Zielen und dem inhaltlichen Schwerpunkt, gibt es auch beim EAM verschiedene Ausprägungen. Hierzu führen *Aier, Winter* und *Wortmann* [AWW12] aus, dass vielfach mit einer stark auf die IT fokussierten Ausrichtung begonnen wird, sozusagen ein IT-EAM. Wobei das EAM auch umgekehrt primär auf den Geschäftsbereich ausgerichtet sein kann. Auf Basis der verfolgten Ziele und des jeweiligen Reifegrades des EAM könne sich jedoch der Ansatz so weiterentwickeln, dass auch

verschiedene Perspektiven und Domänen gleichermaßen einbezogen werden. Entsprechend steigt die Verankerung im gesamten Unternehmen. [Siehe AWW12, S. 15-20]

Dies kann sogar dazu genutzt werden, um mittels EAM bei der Lösung von Konflikten zu helfen, die z. B. zwischen gleichrangigen Bereichen bestehen [Siehe BS14, S. 239].

EAM soll somit dabei unterstützen, die aktuellen und zukünftigen Architekturen zu planen und zu steuern sowie hierzu unternehmensweite Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, anstelle von rein lokalen Betrachtungen [Vgl. MBS09, S. 96-97].

Beim Einsatz eines EAM sind vielfältige Aufgaben denkbar. Eine abstrahierte Sicht auf gängige Aufgaben einer EAM-Funktion wird in [BS14] aus einer Analyse von EAM-Ansätzen abgeleitet. Es werden dabei von [Siehe BS14, S. 247] drei Aufgabenkategorien unterschieden, die nachfolgend wiedergegeben werden:

**Develop & Describe** Dokumentieren der EA-Elemente für den aktuellen Stand und eventuell geplante, zukünftige Zustände der EA.

**Communicate & Enact** EA als Kommunikationsmittel für die Stakeholder und als Entscheidungsunterstützung.

**Analyze & Evaluate** Auswertungen der EA zur Ableitung von inhaltlichen Aussagen zu den Elementen als auch zur EA als Modell insgesamt.

Der Einsatz einer EA oder des EAM kann durch verschiedene Treiber motiviert sein. So kann nach [Siehe Jon+06, S. 64; sowie ergänzend hierzu siehe Lan13, S. 5-10 ff.] der Anstoß zur Realisierung eines EAM von innen kommen (z. B. Optimierungen ermöglichen) oder extern veranlasst sein (z. B. neue Gesetze oder Richtlinien).

Solche extern vorgeschriebenen Gründe können als Chance genutzt werden, um als Ausgangspunkt für eine intensive Beschäftigung mit dem Thema EAM zu dienen und dadurch über die reine Erfüllung der Anforderungen hinaus zusätzliche Mehrwerte zu schaffen.

Der Inhalt dieses Absatzes beruht auf den Ausführungen von *Engelke* [Eng10], der die Versicherungsbranche als eine Branche mit starken internen und externen Treibern charakterisiert. Verschiedene Gesetze, Vorgaben und Regulierungen stellen immer höhere Anforderungen an Versicherungen. Die Wettbewerbssituation ist durch Verdrängung gekennzeichnet, sodass ein schnelles, flexibles Reagieren auf Kundenanforderungen erforderlich ist. Gleichmaßen sind Servicequalität und Qualität der Leistung relevant. Schließlich erfordert der permanente Kostendruck eine interne Optimierung. [Zum vorangegangenen Absatz siehe Eng10, S. 66-67] Diese Spannungsfelder können als eindeutige Treiber für EAM gesehen werden, um etwa Geschäft und IT besser aufeinander abzustimmen. Ebenfalls ist eine ganzheitliche Sicht über alle Disziplinen erforderlich, um z. B. einen konkreten Bedarf für Veränderungen erkennen zu können.

EAM besitzt auch eine Relevanz für das strategische Management von einem Unternehmen [Siehe SFS14]. Zugleich umschreiben *Doucet, Götze, Saha* und *Bernard* [Dou+09] sehr prägnant die strategische Komponente:

„The EA process is not restricted to 'transformation'. If EA is done only when something else tells that the enterprise needs to change then EA will never tell when the enterprise needs to change.“ [Dou+09, S. 35]

Diesem Standpunkt folgend wäre es unvollständig, EAM nur dann einzusetzen, wenn etwa von außen durch Gesetze eine Veränderung des Unternehmens veranlasst oder vorgeschrieben wird. Mindestens genauso wichtig wäre es EAM kontinuierlich zu nutzen, damit die EA Indizien liefert, wann Veränderungen aus der Sicht des Unternehmens sinnvoll oder notwendig sind.

### 2.2.2 Kontext des EAM-Einsatzes

Unter Berücksichtigung von [MBS09] können unterschiedliche Intensitäten der Einführung von EAM betrachtet werden. So kann EAM in einem kleinen Umfang in einem Unternehmen etabliert werden, als Unterstützungsmittel zur Abstimmung und Kommunikation der beteiligten Personen und Disziplinen. Auch eine Einführung im größeren Umfang und verbunden damit, eine deutlich aktivere Rolle inklusive Einbindung in Aktivitäten zur Planung- und Konzeption, ist denkbar.[Vgl. MBS09, S. 97-98]

In [Siehe Dou+09, S. 35] wird darauf hingewiesen, dass EAM nicht isoliert zu sehen und zu betreiben sei, sondern vielmehr mit anderen Managementdisziplinen des Unternehmens zu verbinden sei. Der gleichen Meinung sind etwa [Siehe Nie05, S. 39-42] und [Siehe Han12, S. 18-21] (jedoch mit Fokus auf den Bereich des IT-Managements).

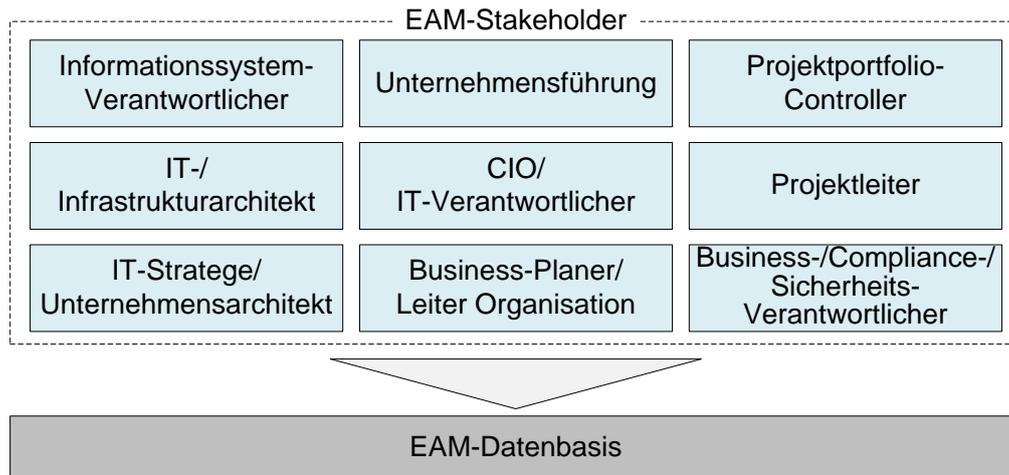
Die nachfolgenden Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf den Erläuterungen von *Hanschke* [Han12] zum Zusammenwirken von EAM mit anderen Managementdisziplinen. So wird beschrieben, dass es etwa ein Zusammenwirken mit dem Projektportfoliomanagement gibt. Das EAM dient als Informationslieferant. Damit unterstützt es die Priorisierung von Projekten und hilft bei Aussagen, ob die Projekte konform zu bestimmten Vorgaben sind. Darüber hinaus unterstützt EAM bei der Ausarbeitung zukünftiger Soll-Architekturen und bei der Bewertung von Geschäftsanforderungen vor dem Hintergrund der Abhängigkeiten. Ebenso gibt es ein vielfältiges Zusammenwirken mit dem operativen IT-Management. EAM liefert hierbei Informationen für die Projektkonzeption und berücksichtigt später die Projektergebnisse in der EA.[Zum vorangegangenen Absatz siehe Han12, S. 18-21]

Dieser Ausschnitt zeigt bereits, dass EAM sowohl Informationen an andere Managementdisziplinen liefert, als auch von diesen erhält. Dabei werden vielfältige Aufgaben sowohl auf der strategischen als auch auf der operativen Ebene im Unternehmen durch EAM unterstützt. Das EAM leistet damit mehr als eine reine Dokumentationsaufgabe.

Eng verbunden mit der Positionierung ist die organisatorische Einordnung des EAM in einem Unternehmen. Die genannten Beispiele in [Siehe Nie05, S. 39-42; und siehe Han12, S. 18-21] haben das EAM deutlich in der IT eingeordnet. Auch im Allgemeinen wird EAM sehr häufig im IT-Bereich platziert [Siehe AWW12, S. 17]. Dies ist auch damit begründbar, da wie zuvor erwähnt, eine EA oftmals den Ursprung in der IT eines Unternehmens hat. In der Praxis kann das EAM auch in anderen Organisationseinheiten eingeordnet sein oder als eine eigenständige (Stabs-)Stelle in der Aufbauorganisation eingebunden sein. So verantwortet die Betriebsorganisation bei einigen Versicherungsunternehmen die EAM-Funktion. Diese Organisationseinheit ist in der Regel für die Ablauf- und Aufbauorganisation sowie für die Planung und Umsetzung deren Weiterentwicklungen verantwortlich [Siehe Far11, S. 641-642; Siehe Wag11, S. 105-106] und muss somit auch IT-Aspekte berücksichtigen. Damit hat die Betriebsorganisation bereits eine übergreifende Ausrichtung.

Durch das Zusammenwirken mit unterschiedlichen Funktionen sind auch verschiedene Beteiligte, mit spezifischen Rollen, individuellen Ansprüchen und Tätigkeiten, involviert - die Stakeholder.

Nachfolgend wird auf diese unterschiedlichen Stakeholder einer EAM-Initiative eingegangen. Wie im Abschnitt 2.1.2 erläutert, wird bei einigen EA-Ansätzen das EA-Metamodell an konkreten Fragestellungen und Zielen ausgerichtet. Diese Fragestellungen und Ziele werden von Stakeholdern geäußert. Ebenfalls sind eventuell wie erwähnt die Daten und Auswertungen spezifisch für die Stakeholder aufzubereiten. Insofern ist das Wissen um die relevanten EAM-Stakeholder von Bedeutung.



**Abbildung 2.6:** Übersicht über mögliche EAM-Stakeholder (Quelle: Nach [Han12, S. 89])

Der Begriff *Stakeholder* wird vom Standard „ISO/IEC/IEEE 42010:2011“ [ISO11] allgemein wie folgt definiert: „[. . .] individual, team, organization, or classes thereof, having an interest in a system“ [ISO11, S. 2]. Übertragen auf den EAM-Kontext würde mit System dabei die EA gemeint sein. Ein Stakeholder hätte somit ein an die EA gerichtetes Interesse oder einen spezifischen Informationsbedarf. Wobei ein Stakeholder der Definition folgend z. B. eine einzelne Person, ein Team, ein Bereich oder das Unternehmen insgesamt sein könnte.

Eine vergleichsweise umfassende Betrachtung der Stakeholder liefert *Niemi* [Nie07] und beschreibt typische Stakeholder und ein Rollenschema zur Einordnung. Es werden drei Rollen unterschieden, auf deren Charakterisierung dieser Absatz beruht. Die erste Rolle (Producer) erstellt die Inhalte und Darstellungen für die EA und die Architekturen. Die zweite Rolle (Facilitator) ermöglicht das Funktionieren und die Weiterentwicklung der EA und des EAM, etwa im Rahmen der Governance oder des Managements. Die dritte Rolle (User) verwendet die Enterprise Architecture und gelieferte Informationen für die eigene Arbeit. [Zu diesem Absatz siehe Nie07, S. 5-7]

In [Siehe Han12, S. 89 ff.] werden solche Stakeholder, welche das EAM nutzen, und solche Stakeholder, welche die notwendigen Informationen für die EA liefern, unterschieden. Die Vielfalt möglicher Stakeholder ist in Abbildung 2.6 dargestellt.

Es wird in [Siehe Keu10b, S. 133-139] bei den Erstellern der Inhalte und Modelle analog zur EA und den Detailmodellen (siehe Abschnitt 2.1.4.1) zwischen den eigentlichen EA-Architekten sowie den Architekten der Detailmodelle, wie etwa Software-Architekten, unterschieden.

Die Menge unterschiedlicher Stakeholder verdeutlicht, dass es viele Beteiligte mit verschiedenen Hintergründen und Anforderungen an die EA bzw. das EAM gibt. Da die genaue Aufteilung der Stakeholder individuell für jedes Unternehmen gilt [Vgl. Nie07, S. 7], soll diese kurze Darstellung nur die Vielfalt aufzeigen. In Verbindung mit dem Hinweis auf die inhaltliche Vielfalt einer EA (siehe Abschnitt 2.1.2.2) ergibt sich daraus für EA-Ansätze die Notwendigkeit, einerseits eine breite Palette an heterogenen Informationsquellen einzubinden und andererseits flexible Nutzungen und Auswertungen zu ermöglichen.

Die Einführung von EAM kann ein großes Vorhaben sein. In [Siehe Han12, S. 22-25] wird daher ein schrittweises Vorgehen empfohlen, damit erreichte Zwischenerfolge kommuniziert und als Input für die nächste Phase genutzt werden können. Ebenfalls kann ein musterbasierter Ansatz, wie in [Siehe Ern10] vorgestellt, zur Ausgestaltung des individuellen EAM-Ansatzes genutzt werden.

Die EAM-Verbreitung, insbesondere in mittelständischen Unternehmen, ist nach Analyse von [Man12] vergleichsweise gering. Gründe hierfür seien demnach, dass die Relevanz von EAM nicht ausreichend gewürdigt werde und dass die EAM-Funktion nicht mit genügend Kapazitäten ausgestattet werde. Auch könne es sein, dass die Unternehmen keinen dringenden Handlungsdruck vermuten.[Siehe Man12]

Somit sind effiziente Ansätze notwendig, die mit einem geringen Aufwand dennoch genügend Transparenz generieren und bereichsübergreifende Analysen erstellen können. Dies gilt auch dann, wenn die Daten zu Beginn eventuell noch unvollständig oder wenig detailliert sind, wie es etwa Abschnitt 2.1.4.1 verdeutlichte.



# 3 Ausprägungen von Analyseverfahren für Enterprise Architectures

In Kapitel 2 wurden das Konzept und die Nutzung einer Enterprise Architecture (EA) erläutert. Eine wesentliche Nutzungsart stellen dabei Analysen dar.

Zunächst wird in diesem Kapitel ein grober Überblick über EA-Analysen gegeben. Danach werden bestimmte Ausprägungen genauer betrachtet, die im Kontext der Problemstellung dieser Arbeit relevant sind. Entsprechend der Zielsetzung der Arbeit wird am Ende allgemein auf die Verwendung einer EA zur Erkennung des Bedarfs an möglichen Handlungen eingegangen.

---

3.1	Grobklassifizierung von Analysen im EA-Umfeld . . . . .	41
3.2	Einordnung der Analysen und Abgrenzung . . . . .	42
3.3	Erkennung des Bedarfs an Handlungen auf Basis einer EA . . . . .	49

---

## 3.1 Grobklassifizierung von Analysen im EA-Umfeld

Wie in den Abschnitten 2.1.2 und 2.1.4 erläutert, fasst eine EA Informationen aus verschiedenen Teilarchitekturen zusammen. Sie beinhaltet je nach Gestaltung aggregierte oder detaillierte Informationen zur Struktur des Unternehmens, zu dessen Bestandteilen und den Beziehungen dazwischen. Zudem könnten vielfältige Daten der EA angefügt werden. Für Analysen kann die EA somit einen relevanten Ausgangspunkt darstellen.

*Niemann* [Nie05] stellt heraus, dass die EA und ihre Informationen somit zum Planen und Steuern des Unternehmens genutzt werden können. Zusätzlich können seinen Ausführungen folgend, die Analysen bei der Abstimmung der strategischen mit der operativen Ebene helfen, wo die strategischen Vorgaben konkretisiert und realisiert werden.[Vgl. Nie05, S. 43] Allerdings kann auch angemerkt werden, dass der Grad variieren kann, in dem diese Analysen unterstützt werden, entsprechend des zugrunde liegenden EA-Metamodells und des EA-Ansatzes.

*Aier, Riege* und *Winter* [ARW08] unterscheiden sehr treffend zwischen zwei möglichen Verwendungen für die dokumentierten Architekturmodelle:

„Zum einen können die Architekturmodelle selbst analysiert werden, um daraus Aussagen beispielsweise über die Qualität oder andere Eigenschaften der Architektur abzuleiten. Zum anderen können Architekturmodelle als Daten- und Entscheidungsgrundlage genutzt werden, um die Informationsbedarfe verschiedener Anspruchsgruppen zu befriedigen.“[ARW08, S. 294]

Die folgenden Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf den Beschreibungen von *Aier, Riege* und *Winter* [ARW08] zu der soeben zitierten Klassifizierung von EA-Analysen in zwei grobe Ausrichtungen. Im ersten Fall ist demnach die EA selbst unmittelbar der Analysegegenstand. Es werden etwa die Qualität der EA oder andere übergeordnete Aspekte betrachtet. In die zweite Klasse fallen inhaltliche Analysen, welche die in der EA enthaltenen Informationen

verwenden. Sie dienen etwa der Ableitung von Aussagen über die in der EA dokumentierten Elemente, um verschiedene inhaltliche Fragestellungen zu bearbeiten oder Entscheidungen zu unterstützen.[Zu diesem Absatz siehe ARW08, S. 294-295]

Ein gängiges Beispiel für die erste Klasse von EA-Analysen sind die Abhängigkeitsanalysen [Vgl. ARW08, S. 294, 298]. Damit werden Zusammenhänge zwischen Elementen der EA unmittelbar oder über Zwischenschritte hinweg analysiert, etwa um bei einem Ausfall einer Komponente die Auswirkungen auf andere Komponenten zu kennen [Vgl. Nie05, S. 127-128].

Bei einer umfassenderen Betrachtung kann auch die Untersuchung des Reifegrades der EA insgesamt [Siehe Bar10a, S. 55-56] als ein Beispiel für eine Analyse der EA selbst gesehen werden.

Eine sehr ausführliche Darstellung einer Reifegrad-Bewertung für die Ausrichtung von Geschäft und IT bietet etwa *Luftman* [Luf03], die nachfolgend skizziert wird. Die Bewertung liefert dabei eine Aussage zum aktuellen Reifegrad und zu möglichen Entwicklungsrichtungen für eine bessere Ausgestaltung der Ausrichtung. Der Reifegrad wird anhand verschiedener Kriterienbereiche ermittelt. So wird unter anderem geprüft, ob bestimmte Abläufe definiert sind oder wie das Zusammenspiel der verschiedenen Beteiligten ausgeprägt ist.[Zu diesem Absatz siehe Luf03]

Werden die EA und deren Inhalte im Sinne der zweiten Klasse für weitergehende, inhaltliche Fragestellungen genutzt, ist die Spannweite möglicher Nutzungskontexte groß, wie z. B. die Festlegung der IT- oder Unternehmensstrategie oder die Verbesserung der IT bzw. der Geschäftsprozesse [Siehe ARW08, S. 298-299].

## 3.2 Einordnung der Analysen und Abgrenzung

Die Durchführung von Analysen in Verbindung mit einer EA stellt ein wichtiges Nutzungsszenario dar. In diesem Abschnitt soll zunächst eine Übersicht über allgemeine Analysen in diesem Umfeld gegeben werden. Anschließend erfolgt eine detaillierte Betrachtung von Analysen auf Basis der Capabilities als besondere Art der Analysedurchführung. Abschließend wird auf die Verwendung von Kennzahlen im EA-Kontext eingegangen, da Kennzahlen in dieser Arbeit eine wichtige Rolle einnehmen.

### 3.2.1 Überblick über verbreitete Analysen

Ausgehend von der vorgestellten Klassifikation nach [ARW08] einerseits in Verfahren, welche die EA selbst analysieren, und andererseits in Verfahren, welche die EA als Informationsbasis für umfassendere Analysen nutzen, sollen nachfolgend einige verbreitete Analysemethoden benannt werden. Bereits dieser Ausschnitt verdeutlicht die Spannweite von Methoden. Der Abschnitt dient auch der Abgrenzung solcher Analysebereiche, die von vornherein nicht im Fokus der weiteren Betrachtung im Rahmen der vorliegenden Arbeit stehen.

Wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert, begründet sich das heutige Verständnis von EA auf den getrennt voneinander entwickelten Disziplinen IT-Management und Geschäftsprozessmanagement, als bekannteste Ausprägungen. In diesen Einzeldisziplinen haben sich umfangreiche, spezifische Methoden entwickelt, die isoliert innerhalb jener Domänen angewendet werden.

In der Praxis fokussiert sich etwa das Prozessmanagement primär auf die reine Prozesssicht, sodass IT-Inhalte aufgrund der Dokumentationsform teilweise nicht oder nur sehr stark eingeschränkt in den Modellen beinhaltet sind [Stellvertretend zur Praxisnutzung vgl. Aga11]. Die Prozessanalyse beschränkt sich daher auf die Prozesse, sodass die Erhebung, Sammlung

und Auswertung von Prozesskennzahlen, wie z. B. die Prozesszeit oder die Prozesskosten, im Vordergrund stehen [Vgl. Aga11, S. 120, 125-126; und vgl. Mal11, S. 89, 92-98]. Bei umfassenderen Methoden, wie etwa bei Ansätzen auf Basis der Notation BPMN 2.0, finden hingegen IT-Aspekte und Prozess-Aspekte gemeinsame Betrachtung [Siehe Sil12a]. Trotzdem werden auch dort IT-Aspekte nicht selten erst nachgelagert und getrennt von den Prozessanalysen betrachtet.

Das Prozessmanagement bietet auf diese Weise wichtige Informationen und Einsichten in die prozessualen Abläufe des Unternehmens. Es stellt daher, wie bereits erläutert wurde, mit seinen Modellen und Datenquellen wichtige Grundlagen für die übergreifende Sichtweise innerhalb einer EA bereit. Auf eine nähere (isolierte) Auseinandersetzung mit den Methoden des Prozessmanagements wie auch mit anderen einzelnen Disziplinen sei an dieser Stelle verzichtet, da es um die ganzheitliche Betrachtung des Unternehmens geht. Für spezifische Methoden der Disziplinen sei daher auf die einschlägige Literatur verwiesen. Bestätigend hierzu etwa [Siehe Lan13, S. 189], wo auch der Mehrwert einer übergreifenden Betrachtung durch die EA gegenüber dem alleinigen Einsatz spezieller Methoden jeweils nur innerhalb einer Domäne hervorgehoben wird.

Für den Bereich der übergreifenden Analysen einer EA, meist im Sinne der ersten Klasse der vorherigen Grobklassifizierung, werden verbreitet Visualisierungen zur Darstellung eingesetzt. Eine sehr ausführliche Beschreibung zum Aspekt der Visualisierungen gibt *Hanschke* [Han12]. Demzufolge kommen bei den Visualisierungen überwiegend Grafiken zum Einsatz. Aber auch eine Tabelle könne zur Ergebnisdarstellung genutzt werden. Die Visualisierungen können dabei für verschiedene Analysezwecke genutzt werden, wie etwa für die erwähnten Abhängigkeitsanalysen. Ein Beispiel sei die Darstellung der IT-Systeme mit den Verbindungen untereinander, um die Komplexität zu untersuchen.[Zu diesem Absatz siehe Han12, S. 12-13, 61-83]

Auch [Kel12] hebt, wenngleich mit Fokus auf die IT, die starke Verbreitung grafischer Darstellungen hervor, geht jedoch zugleich auf zwei problematische Aspekte ein. Erstens sei aufgrund der großen Freiheitsgrade der Darstellungen nicht immer allgemein verständlich, was die Grafik aussage. Zweites benötige eine manuelle Erstellung viel Aufwand und erschwere somit zugleich eine notwendige Aktualisierung. Somit seien verständliche Darstellungen zu wählen und diese möglichst automatisiert zu erstellen.[Siehe Kel12, S. 159-160]

In [Siehe Ern10, S. 197-213; und siehe Han12, S. 61-83] werden jeweils gebräuchliche Visualisierungen für bestimmte Fragestellungen vorgeschlagen. Hierzu kann festgehalten werden, dass die Visualisierungen überwiegend zur Analyse einer EA selbst (z. B. Redundanzen, Inkonsistenzen, zuordnungszentrierte Fragestellungen) genutzt werden und auf diese Weise etwa ein Zustand ausgedrückt oder Optimierungspotenzial abgeleitet werden kann.

Teilweise werden in den Analysen ergänzend auch Datenwerte verwendet, wie etwa Zustände oder Kosten [Siehe Han12, S. 61-83]. Wobei zu unterscheiden ist, ob die Werte zuvor auf anderem Wege berechnet und nur übernommen werden oder ob die Datenwerte im Rahmen der Analyse ermittelt werden.

Ebenso kann festgehalten werden, dass oft nur eine Domäne oder zwei Domänen als Basis für die Visualisierung verwendet werden und es daher aus Sicht des Gesamtunternehmens eine isolierte Auswertung ist. Der inhaltliche Fokus ist in diesen Fällen eingeschränkt.

Die Analysen dienen dabei auch stets als Hilfsmittel zur Begleitung und Unterstützung des Wandels von einem Unternehmen, indem zunächst die aktuelle Situation analysiert wird und danach Schlussfolgerungen für die Zukunft ermöglicht werden [Siehe UB03, S. 309-310].

Wobei sich die Analysen in der Regel nach den Stakeholdern (siehe Abschnitt 2.2.2) und ihren Anforderungen richten sollten sowie je nach Analyseziel qualitative oder quantitative

Betrachtungen ermöglichen sollten [Siehe Lan13, S. xi-xii]. Die Fragestellungen können von strategischen bis operativen Aspekten reichen [Siehe Nie05, S. 24].

*Lankhorst* [Lan13] skizziert eine prägnante Einteilung von Analysetechniken in die beiden Kategorien funktionale Analysen und quantitative Analysen, die in diesem Absatz skizziert werden. Techniken der ersten Kategorie verwenden die EA-Struktur oder Angaben über das dynamische Verhalten als Grundlage, um die Funktionsfähigkeit etwa von Systemen zu untersuchen. Demgegenüber greifen die quantitativen Analysen auf Datenwerte zurück, wie etwa Zeiten oder Kosten, wobei sich diese in der Regel nicht direkt in der EA befinden. Daher muss gesondert auf detaillierte Modelle zugegriffen werden. Dennoch bleibt die Betrachtung trotz quantitativer Werte auf einer vergleichsweise abstrahierten Ebene. In Ergänzung zu den beiden Kategorien unterscheidet die Einteilung bezüglich der Analysedurchführung jeweils zwei mögliche Ausprägungen: analytische Methoden und Simulationen.[Zu diesem Absatz siehe Lan13, S. 189-191] Auf diese skizzierte Einteilung wird im restlichen Abschnitt aufgrund ihrer klaren Unterscheidung Bezug genommen.

Bei den quantitativen, analytischen Methoden sind auch die Verbindungen der Elemente zu berücksichtigen, falls sich diese gegenseitig beeinflussen [Siehe Lan13, S. 191-192]. Die Analysen können unter anderem geplante Prozesse, Systeme oder ganze Szenarien hinsichtlich einer eventuellen Vorteilhaftigkeit bewerten oder Veränderungsauswirkungen messen, wobei als Datenwerte z. B. Kosten oder Mengen genutzt werden können [Siehe Lan13, S. 191-192; ergänzend vgl. Nie05, S. 30; sowie ergänzend vgl. Han12, S. 52 ff.]. Der Einsatz von Kennzahlen spielt bei der quantitativen Analyse eine wichtige Rolle, da sie es ermöglichen, Sachverhalte quantitativ abzubilden und in der Analyse zu berücksichtigen [Siehe BMS10, S. 392]. Auf Kennzahlen im Umfeld einer EA wird im Abschnitt 3.2.3 eingegangen.

*Lankhorst* [Lan13] erläutert zudem, dass die toolgestützte Umsetzung der quantitativen Verfahren nicht im selben Maße Berücksichtigung findet, wie die Unterstützung bei der Modellierung der Architekturen. So werde die Modellierung zwar von vielen Werkzeugen unterstützt, aber die Analysefähigkeit sei in den Werkzeugen oftmals deutlich weniger umfangreich ausgeprägt. Zudem finde eine solche Analyse nicht auf der übergreifenden EA, sondern primär auf Basis der Detailmodelle statt, wo die Daten beinhaltet seien.[Siehe Lan13, S. 194]

Ideal wäre es neben den Beziehungen zwischen EA-Elementen auch entsprechende Datenwerte direkt in der EA zu haben, wie etwa Kosten oder Risiken [Zustimmend hierzu siehe Nie05, S. 79]. In [Siehe Lan13, S. 196-201] wird über die Möglichkeit berichtet, quantitative Daten in ArchiMate, als eine verbreitete Beschreibungsform einer EA, zu dokumentieren sowie die Daten in einer konkreten Analyse zu nutzen. Wird das Analyseverfahren insgesamt betrachtet, so kann die Analyse der Daten über verschiedene Ebenen hinweg als vergleichsweise aufwendig eingeschätzt werden. Zudem erfordert das Vorgehen eine umfangreiche Übertragung der Werte zwischen den Ebenen. Die Analysen sind darüber hinaus sehr spezifisch für die konkrete Fragestellung zu realisieren.

Stellvertretend für das generelle Interesse der Forschung an Verfahren zur EA-Analyse sei zunächst ein Ansatz aus [NBE14] benannt. Der Ansatz basiert auf dem ArchiMate-Metamodell und ermöglicht die Ermittlung von vier genau festgelegten Kennzahlen, darunter die Verfügbarkeit der IT-Systeme. Dies soll die Erkennung von Optimierungspotenzialen oder die Bewertung von Alternativszenarien ermöglichen.[Siehe NBE14] Wird der Ansatz insgesamt betrachtet, ist festzuhalten, dass die relevanten Modelle in einer speziellen formalen Sprache abgebildet sein müssen und die zugrunde liegenden Auswertungen ebenfalls formal fest hinterlegt sind.

Auch in [SV15] wird ein ArchiMate-basierter Ansatz zur Berechnung von EA-Metriken beschrieben, der sich jedoch auf die Struktur des Modells beschränkt. Dem Ansatz folgend werden

Beziehungen und Modellelementen hierzu bestimmte Gewichtungen zugeordnet, wodurch der Ansatz zunächst fix auf ArchiMate beruht. Die Ermittlung der Metriken erfolgt dann mittels festgelegter Berechnungen. Ein Beispiel zeigt die Anwendung des Ansatzes zur Berechnung der Kritikalität und des Impacts von Elementen.[Zu diesem Ansatz siehe SV15] Über die Gewichtungen hinausgehende Datenwerte werden nicht verwendet.

Bei den funktionalen Analysen werden in [Lan13] statische und dynamische Varianten unterschieden, die sich im ersten Fall auf die Struktur und die Beziehungen zwischen den Modellelementen fokussieren und im zweiten Fall auf das dynamische Verhalten. Eine Menge von Regeln beschreibe im statischen Fall die gewünschte Anforderung und die Semantik. Für dynamische Analysen seien komplexere Techniken erforderlich.[Siehe Lan13, S. 208-212]

Eine konkrete Technik im Bereich von Prozessmodellen zur Prüfung dynamischer Aspekte ist beispielsweise das sogenannte Model Checking. Hierzu sei stellvertretend auf *Feja, Witt* und *Speck* [Vgl. FWS11] verwiesen, die diesbezüglich eine grafische Notation zur Definition von Regeln einführen, mit denen anschließend automatisiert das dynamische Verhalten eines Prozessmodells verifiziert werden kann.

Über die bisherige Einteilung der Analyseverfahren hinaus gibt es noch weitere Techniken, die insbesondere stärker die Interaktion mit den beteiligten Personen beinhalten. So werden diese Techniken umfassend in [Siehe SWS13, S. 41 ff.] geschildert, wie etwa Beobachtungen, Interviews oder Workshops. Werden diese Techniken im Vergleich zu den bisherigen Techniken betrachtet, so sind diese geeignet, eine weitere Ebene der Informationen, insbesondere subjektive Einschätzungen der handelnden Personen, abzufragen und zu erheben. Die Techniken können somit ebenfalls wertvolle Informationen liefern und je nach Szenario eingesetzt werden.

In einer von *Matthes, Buckl, Leitl* und *Schweda* [Mat+08] durchgeführten Studie, wurden EAM-Werkzeuge bezüglich praxisnaher Szenarien untersucht, darunter auch Szenarien, die der Analyse einer EA dienen. Wie die Studie ergab, bieten die Werkzeuge unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeiten zur Erstellung von Visualisierungen für eine EA und auch die Betrachtung der Auswirkungen bei Änderung oder Ausfall einer Komponente wird oft unterstützt, wenngleich dies auch sehr unterschiedlich ausgeprägt ist.[Zu diesem Absatz siehe Mat+08]

Analysen, die der ersten Klasse der Grobklassifizierung zuzuordnen sind, also der Analyse der EA selbst (siehe Abschnitt 3.1), werden somit vielfach toolgestützt angeboten. Analysen der zweiten Klasse, also der Nutzung der EA als Informationsbasis für weitergehende Betrachtungen, sind oftmals spezifischer. Teilweise werden sie aber auch durch Werkzeuge unterstützt.

Es gibt eine Reihe von gebräuchlichen Analyseverfahren [Siehe ARW08, S. 294-298], die etwa ausführlich in [Siehe Nie05, S. 128-154] erläutert werden. Sie können auch zur Identifikation von Handlungsmaßnahmen zur Optimierung genutzt werden [Vgl. Han12, S. 85-86].

Gemäß der Grobklassifizierung aus Abschnitt 3.1 können folgende Analysen zur ersten Klasse von Verfahren gezählt werden, welche die EA direkt analysieren:

**Abhängigkeitsanalysen** Es werden die Zusammenhänge von EA-Elementen (z. B. grafisch) dokumentiert, um Abhängigkeiten der Elemente explizit zu machen [Siehe Nie05, S. 131].

**Abdeckungsanalysen** Ausgehend von meist zwei Dimensionen wird oftmals grafisch das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Elementen für eine Kombination der zwei Dimensionen dokumentiert, um etwa Redundanzen zu erkennen [Siehe Nie05, S. 132-133].

**Schnittstellenanalysen** Es wird die Anzahl der existierenden Schnittstellen zwischen z. B. IT-Systemen untersucht, um festzustellen, welche Schnittstellen durch Veränderungen in der Architektur abgebaut werden könnten [Siehe Nie05, S. 134-135].

**Heterogenitätsanalysen** Diese Verfahren versuchen aufzudecken, ob z. B. verschiedene Techniken für ähnliche Funktionalitäten im Einsatz sind, die möglicherweise vereinheitlicht werden können [Siehe Nie05, S. 135-139].

Der Grobklassifizierung entsprechend können analog die folgenden Verfahren der zweiten Klasse zugeordnet werden, welche die EA als Informationsbasis für weitergehende Auswertungen benutzen:

**Komplexitätsanalysen** Mittels geeigneter Metriken wird die Komplexität z. B. innerhalb einer Domäne bezüglich bestimmter Komponententypen ermittelt, etwa auf Basis der Anzahl der Komponenten und Verbindungen [Siehe Nie05, S. 140].

**Konformitätsanalysen** Analysen, inwieweit die EA bestimmte interne oder externe Vorgaben/Vorschriften einhält [Siehe Nie05, S. 141-144].

**Kostenanalysen** Es können ausgehend von spezifischen Kostenmodellen verschiedene Kostenkategorien ermittelt werden, wie z. B. Entwicklungs- oder Betriebskosten [Siehe Nie05, S. 144-146].

**Nutzenanalysen** Ausgehend von verschiedenen Verfahren wird der Nutzen der zu untersuchenden Elementen ermittelt und einander gegenübergestellt, sowie etwa für Entscheidungen als Grundlage oder zur Priorisierung verwendet [Siehe Nie05, S. 146-154].

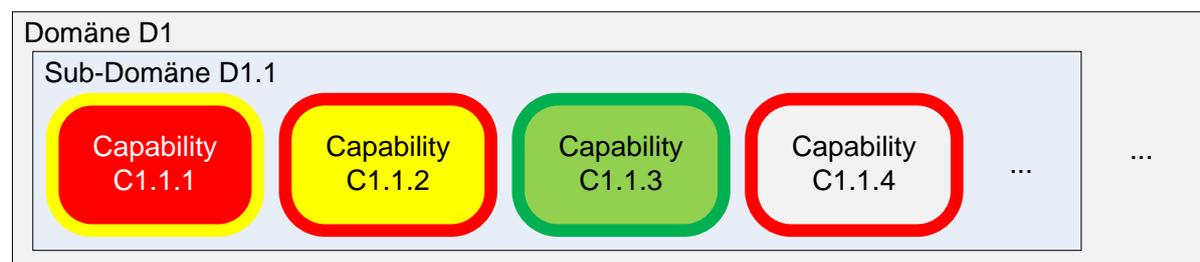
Des Weiteren können die verschiedenen Analysen auch im Rahmen des Projektportfoliomanagements eingesetzt werden. Im Projektportfoliomanagement erfolgt die Auswahl zu realisierender Projekte ausgehend von einer bereits zusammengestellten Sammlung von Projektvorschlägen durch Analyse und Bewertung dieser Vorschläge, um daraus ein optimales Projektportfolio zu erstellen [Vgl. hierzu Sei11, S. 9-10].

In [Siehe AG98] ist ein Ablauf zur Projektauswahl mit sechs Schritten beschrieben. Verbreitet ist das Projektportfoliomanagement im IT-Bereich, wo die IT-Projekte analysiert und ausgewählt werden müssen [Vgl. Bon05]. Im Rahmen der Analyse und Bewertung der Projektvorschläge können Ergebnisse der EA-Analyse relevant sein.

### 3.2.2 Capability-basierte Analysen

Im Abschnitt 2.1.4.2 wurde der Begriff *Capability* eingeführt und erläutert. Es wurde die Intention hinter der Nutzung von Business Capabilities aufgezeigt und ihr Verständnis als Element zwischen der Geschäftsarchitektur und der IT-Architektur dargestellt. An dieser Stelle sei auf ihre Verwendung im Rahmen von Analysen eingegangen. Der Einfachheit halber wird nachfolgend der Begriff *Capability* gleichbedeutend zu Business Capability verwendet.

Der folgende Inhalt des Absatzes beruht auf *Merrifield* [Mer06], der ausführlich die Erstellung einer sogenannten Heat Map als verbreitete Nutzung der Capabilities erläutert. Hierbei werden die Capabilities nach bestimmten Kriterien gruppiert und in einer Darstellung als Rechtecke visualisiert. Durch getrennte Einfärbung der Rechteckflächen und der Ränder auf Basis entsprechender Regeln können auf diese Weise bis zu zwei verschiedene Werte codiert und grafisch angezeigt werden. In Abbildung 3.1 ist eine solche Heat Map schematisch dargestellt. Anhand einer Menge von Fragen werden von den Verantwortlichen jeweils ihre subjektiven Einschätzungen pro Capability abgefragt. Antworten können Zahlen oder vorgegebene Werte (Ja/Nein, Niedrig/Mittel/Hoch, usw.) sein, aus denen sich dann der Status der Capability ergibt.



**Abbildung 3.1:** Schematische Darstellung einer Heat Map mit farblicher Codierung der Flächen und Umrandungen der Capabilities (Quelle: In Anlehnung an [Mer06, S. 8-9])

Die Heat Map dient somit als komprimierte Visualisierungsmöglichkeit der genannten Werte, jeweils für bis zu zwei Fragestellungen.[Zu diesem Absatz siehe Mer06]

Vergleichbar mit dem Ansatz der Heat Map beschreibt auch *Mannmeusel* [Man10] einen Ansatz, der Capabilities als Diskussionsgrundlage über Veränderungen verwendet. Nachfolgend wird der Ansatz skizziert, wie er dort vorgestellt wird. Die (Business) Capabilities werden hierbei aus dem Geschäftsmodell abgeleitet. Durch Workshops oder Befragungen werden subjektive Bewertungen für die Capabilities bei den Verantwortlichen grob granular abgefragt. Zur Vereinfachung soll dies nur für eine kleine Menge der jeweils als geschäftskritisch angesehenen Capabilities erfolgen. Ausgehend von der Einschätzung können detailliertere Betrachtungen erfolgen.[Zu diesem Absatz siehe Man10, S. 346-370]

Zudem sei nachfolgend auf den Ansatz von *Beimborn, Martin und Homann* [BMH05] eingegangen, bei dem ebenfalls Capabilities aus einer zuvor erstellten Capability Map für eine Analyse genutzt werden. Der Fokus des Ansatzes liegt dabei auf einem Einsatz zur Entscheidungsunterstützung beim Sourcing. Sie heben auch den übergreifenden Charakter der Capability-Betrachtung hervor, verglichen etwa mit einer Betrachtung ausschließlich der Prozessebene. Auf abstrakter Ebene können somit Zusammenhänge zwischen den Capabilities relativ stabil erfasst und dokumentiert werden. Den Capabilities können festgelegte Leistungskennzahlen angefügt werden, durch die eine Capability einzeln analysiert werden kann.[Zu diesem Absatz siehe BMH05]

Aus dem Praxiskontext einer Versicherung berichten *Hilgert und Thiele* [HT11]. Sie skizzieren die Nutzung von Geschäftsfähigkeiten (vergleichbar mit den Capabilities) zu Analyse Zwecken am Beispiel von Abdeckungsanalysen. Hierzu werden die IT-Systeme jenen Geschäftsfähigkeiten zugeordnet, welche von ihnen unterstützt werden. Damit sind Bereiche erkennbar, die nicht oder doppelt unterstützt werden. Darüber hinaus kann für die IT der Wertbeitrag gegenüber dem Unternehmen ermittelt werden. Hierzu wird die IT-Unterstützung pro Geschäftsfähigkeit durch Befragung erhoben, indem Einschätzungen über die Relevanz der Geschäftsfähigkeit und die wahrgenommene Qualität der IT-Unterstützung erfragt werden. Daraus lassen sich mögliche Handlungsbereiche ableiten, wenn relevante Geschäftsfähigkeiten nur unzureichend unterstützt werden.[Zu diesem Absatz vgl. HT11, S. 243-248]

Auch in [Vgl. Han12, S. 9] wird die Nutzung von Capabilities vorgeschlagen, um auf einfache Art Abdeckungsanalysen durchzuführen und mögliche Redundanzen zu entdecken.

Eine andere Analysetechnik wird von *Freitag* [Fre08] skizziert. Es geht hierbei um ein Controlling-Modell mit Fokus auf die technische Realisierung einer Enterprise Architecture mittels SOA (Service-Oriented Architecture). Das Controlling-Modell fokussiert sich auf die Kostenseite. Es kommen hierbei jedoch keine Capabilities dem bisherigen Verständnis nach zum Einsatz. Sogenannte „building blocks“ werden verwendet, die einen deutlich kurzfristige-

ren Lebenszyklus haben als die Geschäftsfähigkeiten, da sie zudem konkrete Technikaspekte beinhalten. Obgleich auch sie der Entkopplung zwischen Ebenen dienen. Die Kosten auf unteren Schichten werden nach einem individuellen Schlüssel verteilt und auf der Ebene der realisierten „building blocks“ aggregiert. Durch einen entsprechenden Verteilschlüssel werden dann diese Kosten auf die Services verteilt, welche die „building blocks“ verwenden.[Zu diesem Absatz siehe Fre08]

Insgesamt zeigen die verschiedenen Anwendungsfälle die Akzeptanz und Verbreitung der Capabilities als Analysegegenstände. Es überwiegen jedoch solche Ansätze, bei denen die Capabilities durch subjektive Einschätzungen bewertet werden und als Entscheidungsgrundlage dienen. Analytische Verfahren sind dagegen die Ausnahme. Zumal die benannten Beispiele analytischer Verfahren ein sehr fokussiertes Anwendungsgebiet haben.

### 3.2.3 Kennzahlen im Kontext einer EA

Kennzahlen werden in den unterschiedlichsten Kontexten verwendet, um Aspekte in Zahlen auszudrücken. Auch der Bereich der Enterprise Architectures macht da keinen Unterschied. In den vorherigen Abschnitten wurde bereits auf den Einsatz von Kennzahlen punktuell hingewiesen. Dieser Abschnitt skizziert die Verbreitung von EA-Kennzahlen in Literatur und Praxis. Unternehmen haben oftmals bereits eine Menge eigener Kennzahlen. Darüber hinaus gibt es aber auch eine Vielzahl verbreiteter Kennzahlen, auch im EA-Umfeld, die für verschiedene Unternehmen relevant sein können.

Eine umfassende Zusammenstellung von EAM-Kennzahlen bietet der „EAM KPI Catalog“ von *Matthes, Monahov, Schneider* und *Schulz* [Mat+11]. Darin sind zehn Ziele des EAM und 52 KPIs (Key Performance Indicators) zur Prüfung bzw. Messung der Zielerreichung zusammengetragen.[Siehe Mat+11] Für eine detaillierte Betrachtung der KPIs wird auf diese Quelle verwiesen.

In [Siehe Han10, S. 402-418] wird allgemein auf den Aspekt der EAM-Governance eingegangen und erläutert, wie das EAM strategisch durch ein System relevanter Kennzahlen gesteuert werden kann. Ausgehend von Steuerungsaufgaben, vergleichbar mit den vorherigen Zielen in [Siehe Mat+11], werden bei [Siehe Han10, S. 402-418] zunächst die zu steuernden Objekte erfasst und dann die Kennzahlen aufgelistet. Auch findet sich etwa in [Siehe Bar10a, S. 63-72] eine Sammlung von Kennzahlen, um die Ziele des EAM auf unterschiedlichen Ebenen (strategisch, taktisch, operativ) messen und damit steuern zu können.

Daneben existiert der Aspekt der Kennzahlen nicht nur auf der Gesamtebene einer EA, sondern auch auf Ebene der Domänen selbst, wenngleich dann überwiegend mit einer isolierten Betrachtung der jeweiligen Domäne. Beispiele für Controlling-Kennzahlen im IT-Bereich finden sich etwa in [Siehe Küt07; und siehe KMS13]. Für eine ausführliche Beschreibung und Sammlung von Kennzahlen aus anderen Bereichen des Unternehmens sei stellvertretend auf [Siehe Gla11] verwiesen. Ein weiteres Beispiel ist [Siehe Lan08], wo die Verwendung von Metriken bezüglich Anwendungslandschaften allgemein betrachtet wird, bevor es spezifisch um Fehler und deren Propagation innerhalb der Anwendungslandschaft geht.

Zusätzlich werden vielfach für einzelne Branchen allgemeine Kennzahldefinitionen bereitgestellt und regelmäßig erhobene Ergebnisse veröffentlicht. Allerdings ist auch hier oftmals ein Fokus auf bestimmte Domänen vorhanden, wie etwa im Fall der Erhebung für den IT-Bereich in der Versicherungsbranche bei [Siehe Aus16]. Ein Bezug der Kennzahlen zur Detailebene einer EA ist dann stets zu prüfen. Vorteile dieser branchenweiten Erhebungen sind unter anderem die Allgemeingültigkeit der Kennzahlen und somit die Möglichkeit für Vergleiche.

Insgesamt ist festzuhalten, dass es vielfach Vorschläge und Sammlungen von Kennzahlen gibt. Relevante Kennzahlen können dabei auch branchenspezifisch sein. Im Versicherungsumfeld spielen etwa spezifische Merkmale wie die Schadenhöhe eine Rolle [Siehe FG09, S. 19] oder es werden Kostenquoten als Ausdruck der Effizienz berechnet [Siehe FG09, S. 259-261]. Diese Ausprägungen spielen demgegenüber in anderen Branchen und Unternehmen keine Rolle.

Daneben gibt es auch unternehmensspezifisch individuell definierte Kennzahlen. Vor diesem Hintergrund ist jeweils zu prüfen, ob und wie diese Kennzahlen eine Relevanz für das EAM haben und sofern gegeben, wie diese zu berücksichtigen sind. Auch ist entscheidend auf welche Objekte sich die Merkmale und Kennzahlen beziehen. Dies legt fest, ob die Kennzahlen überhaupt für eine Steuerung im Rahmen des EAM sinnvoll sind. Zugleich spielt die Definition der Kennzahlen eine große Rolle. Auch ist relevant, dass die Kennzahlen ihren gewünschten Zweck erfüllen und korrekt berechnet werden. Zudem müssen natürlich die zugrunde liegenden Daten vorhanden sein oder erfasst werden können.

*Hauder, Roth, Schulz und Matthes* [Hau+13] untersuchten im Rahmen einer Studie, inwieweit Metriken durch verbreitete EAM-Werkzeuge unterstützt werden. Der folgende Absatz benennt einige wesentliche Ergebnisse dieser Studie. Wie in der Studie hervorgehoben wird, ist eine toolgestützte Umsetzung der Berechnung aufgrund der einfließenden Informationsmengen oftmals erforderlich. Der Unterstützungsumfang bei den betrachteten Werkzeugen ist jedoch sehr unterschiedlich. So würden immerhin 11 von 13 Werkzeugen generell Metrik-Funktionalitäten anbieten. Bei 8 davon können Kennzahlen über die Programmoberfläche verwaltet und eingeschränkt neu definiert werden. Ebenfalls 8 Anbieter haben in ihren Werkzeugen bereits vordefinierte Metriken hinterlegt, die direkt verwendet werden können. Die Möglichkeit, individuelle Metriken mit größerer Komplexität über entsprechende Beschreibungssprachen zu definieren, gab es nur bei 3 von 13 Werkzeugen, darunter teils auch sehr technisch orientierte Lösungen.[Zu diesem Absatz siehe Hau+13]

Metriken sind somit in EAM-Werkzeugen verbreitet, wobei die Definition individueller Metriken teilweise nur eingeschränkt möglich ist. Es können nur einfache Metriken über die Oberfläche definiert werden. Umfangreichere Definitionen unter Nutzung mathematischer Operatoren oder Funktionen sind seltener möglich und erfordern mitunter ein technisches Verständnis.

Analysen einer EA durch Kennzahlen haben nach [Vgl. BMS10, S. 392] gleichwohl noch keinen hohen Reifegrad erreicht, sondern entwickeln sich erst langsam mit der Zeit. Daher ist die Verwendung von Kennzahlen zur Analyse einer EA ein relevantes Gebiet, sowohl für die Forschung als auch für Unternehmen in der Wirtschaft, wie ebenfalls in [Siehe BMS10, S. 404-405] hervorgehoben wird. Weiterhin werden oftmals nur Einzelaspekte durch Metriken berücksichtigt, wie etwa die Ausfallsicherheit, und keine übergreifenden Perspektiven eingenommen [Siehe BMS10, S. 404-405]. Auch bei [Siehe MBS09, S. 95] wird die Möglichkeit bestätigt, Kennzahlen in die EA zu integrieren, gleichwohl sei es in der Praxis noch kaum etabliert. Dabei würde gerade dieses helfen, dass der EAM-Nutzen nicht nur primär in der IT gesehen wird, sondern auf eine übergreifende Ebene übergeht [Siehe Mat+08, S. 32].

Dieser Abschnitt zeigt auf, dass das Thema EA-Kennzahlen ein wichtiges Gebiet darstellt. Gleichwohl bedarf das Themengebiet weiterer Erarbeitung in Forschung und Praxis.

### 3.3 Erkennung des Bedarfs an Handlungen auf Basis einer EA

In den vorherigen Abschnitten wurden allgemein die vielfältigen Möglichkeiten bzw. Varianten zur Analyse einer Enterprise Architecture erläutert. In diesem Kontext wurde auch bereits auf

die Analyse zum Zweck der Erkennung des Bedarfs an Handlungen, wie z. B. Optimierungspotenziale, hingewiesen. Allerdings muss festgehalten werden, wie auch aus eigener praktischer Erfahrung belegt werden kann, dass jener Bedarf nicht selten isoliert aus Sicht einer einzelnen Domäne abgeleitet wird. Eine übergreifende Betrachtung, auch hinsichtlich einer Priorisierung, findet demnach selten statt.

Dieser Abschnitt soll die Relevanz verdeutlichen, die das Erkennen des Bedarfs an Handlungen hat und wie derzeitige Ansätze ausgestaltet sind. Das Ermitteln des Bedarfs wird dann in der Folge im besonderen Blickpunkt dieser Arbeit stehen, als eine konkrete Ausgestaltung der Analyse einer EA.

*Uppington* und *Bernus* [UB03] stellen heraus, dass zunächst die Ist-Situation zu analysieren ist, wobei dies mit Mitarbeitern aus verschiedenen Bereichen und Hierarchien gemeinsam durchgeführt werden sollte. Hierbei besteht zunächst die Herausforderung, ein gemeinsames Verständnis zu etablieren.[Siehe UB03, S. 309-310]

Auch in [Siehe Nie05, S. 29-30] wird auf die Fähigkeit hingewiesen, auf Basis einer entsprechend modellierten EA unter anderem Schwachstellen zu identifizieren. Wobei zu bedenken ist, dass die dort beleuchteten Fragestellungen nach Kostentreibern oder Doppelentwicklungen jeweils isolierte Bereiche und Aspekte fokussieren. Prinzipiell wäre jedoch anzustreben, wie etwa durch [Siehe Lan13, S. 189] bestätigt, die Analysen übergreifend auszurichten und auf dieser Ebene Optimierungen zu initiieren, anstatt die Betrachtung nur auf einen einzelnen Teilbereich zu begrenzen.

Eine regelmäßige Analyse von vergangenheits- und zukunftsbezogenen Informationen hilft einem Unternehmen rechtzeitig festzustellen, wann Veränderungen möglicherweise erforderlich sind [Siehe UB03, S. 314]. Nach der Identifikation eines Veränderungsbedarfs erfolgt dann die Detailanalyse der Veränderungsmöglichkeiten [Siehe UB03, S. 320 ff.].

Neben den Analysen zur Identifikation von Veränderungen aufgrund von z. B. Schwachstellen oder Ineffizienzen gibt es weitere mögliche Ausgangspunkte für Veränderungen. So erwähnt [Siehe Man12, S. 41] interne Anlässe (etwa Optimierungsprogramme oder Restrukturierungen) ebenso wie externe Anlässe (etwa Gesetze oder Richtlinien) sowie die Einführung von Innovationen.

Bezüglich der Erkennung und Realisierung von Veränderungen sehen sich die Unternehmen zusätzlich einigen Herausforderungen gegenüber, die etwa von *Sandkuhl*, *Wißotzki* und *Stirna* [SWS13] beschrieben wurden und auf die in diesem Absatz Bezug genommen wird. Oftmals bestehen Herausforderungen darin, dass Veränderungen und deren Umsetzung in den jeweiligen Bereichen unterschiedlich schnell erfolgen. Des Weiteren kommen die Beteiligten oftmals aus unterschiedlichen Bereichen und verwenden folglich unterschiedliche Begriffe. Ein weiterer wichtiger Punkt wird adressiert, indem auf die Problematik der Konsensfindung bei der Entscheidung über Art und Vorrang von Veränderungen hingewiesen wird. Danach besteht ein Problem darin, dass eventuell kein ganzheitliches Verständnis bei den Beteiligten, über ihre Bereiche hinaus, für andere Bereiche gegeben ist.[Zu diesem Absatz siehe SWS13, S. 15-16]

Dies sind Aspekte, die vom Autor dieser Arbeit auch in der Praxis beobachtet wurden, und somit Herausforderungen für die Festlegung des Bedarfs an Handlungen darstellen. Eine EA kann ein erster Schritt zu einem solchen ganzheitlichen Verständnis sein. Dennoch muss sie um ein entsprechendes Vorgehen zur Analyse und Entscheidungsunterstützung ergänzt werden, damit dieses Ziel erreicht wird. An dieser Stelle besteht aus Sicht des Autors eine signifikante Lücke bei momentan vorhandenen Ansätzen und Vorgehensmethoden. Zugleich besteht ein konkreter Bedarf aus der Praxis. Daraus ergeben sich zugleich die entsprechende Relevanz und die Motivation für den Forschungsschwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

Auch im Portfoliomanagement (siehe auch Abschnitt 3.2.1) wird über Veränderungsmaßnahmen entschieden. Allerdings beginnt dort die Betrachtung regelmäßig damit, dass die Projekte bereits identifiziert wurden und beschrieben vorliegen [Vgl. AG98]. In [Siehe Han10, S. 408 ff.] wird auf die Möglichkeit eingegangen, Kennzahlen zur Bewertung von Projektvorschlägen zu nutzen, wobei somit auch dort von bestehenden Vorschlägen ausgegangen wird. Die eigentliche Identifikation des Bedarfs für eine bestimmte Handlung ist hierbei nicht Gegenstand. Demgegenüber beschäftigen sich die oben genannten Analysen mit der Ableitung eines vorher noch nicht bekannten oder beschriebenen Veränderungsbedarfs - sofern dieser vorliegt.

Wie *Niemann* [Nie05] ausführt, ist zudem die Priorisierung des identifizierten Bedarfs (z. B. Abdeckungslücke) erforderlich, wozu z. B. der Nutzen oder die Kritikalität des betroffenen Elements verwendet werden kann. Die Umsetzung des Veränderungsbedarfs sei hierbei jedoch nur dann dringend, wenn auch das Element eine hohe Kritikalität besitze. Die Nutzenermittlung könne des Weiteren vielfältig erfolgen, z. B. auf Basis von finanziellen Betrachtungen, persönlichen Einschätzungen oder Beziehungen zu anderen Elementen. [Zu diesem Absatz siehe Nie05, S. 146-154] Anders ausgedrückt besteht somit ein weiteres Ziel darin, Hinweise auf die Notwendigkeit und Reihenfolge zur Umsetzung von Veränderungsmaßnahmen zu erhalten.

Die Granularität und der erforderliche Aufwand sind hierbei jedoch zu beachten. Also, wie detailliert oder abstrahiert und für welche Elemente der Nutzen ermittelt wird, und ob dies übergreifend geschieht. Zudem ist relevant zu betrachten, wie aufwendig die Ermittlung des Nutzens ist. Zumal, analog zu [Siehe Nie05, S. 146-154], der Nutzen nicht das alleinige Indiz für einen Veränderungsbedarf ist, sondern dieser durch weitere Analysen abgeleitet wird.

Auch *Hanschke* [Han12] beschreibt Vorgehensweisen zur Identifikation und Ableitung eines Bedarfs an Handlungen, deren wesentliche Ausprägungen in diesem Absatz dargestellt werden sollen. Eine erste Möglichkeit sind demnach Interviews, um einen solchen Bedarf von betroffenen Personen direkt zu erfragen. Zudem kann die Ableitung auch auf den Verbindungen zwischen Elementen der EA basieren. Je nach Fragestellung wird ein einzelner Aspekt betrachtet, etwa die Ermittlung von Inkonsistenzen oder Redundanzen. Hierzu kommen, wie bereits zuvor erläutert, oftmals grafische Darstellungen zum Einsatz. Auch werden Analysen auf Basis von Kennzahlen genannt, wie sie etwa zuvor bereits erläutert wurden. Wobei ausgehend vom identifizierten Bedarf jeweils noch umfassendere Analysen durchzuführen sind, um den Handlungsbedarf zu bestätigen oder zu verwerfen. Diese Prüfungen erfolgen jedoch meist außerhalb der EA in eigenständigen Werkzeugen und mittels detaillierter Modelle. [Zu diesem Absatz siehe Han12, S. 85-88]

Hierzu ist festzuhalten, dass wie durch andere Quellen bereits hervorgehoben wurde, eine übergreifende Betrachtung angemessen ist. Somit ist jeweils zu prüfen, ob der Aspekt der Ganzheitlichkeit bei den Analysen berücksichtigt wird. Dies gilt sowohl für die Analysen der EA-Modelle als auch für den durch Interviews subjektiv erhobenen Bedarf an Handlungen. Es erfolgt auch hier eine Nutzung von Detailinformationen zur Analyse erst in einem nachgelagerten Schritt und nicht im ersten Schritt der Analyse. Dies gilt durchaus stellvertretend für verschiedene Ansätze.



# 4 Grundkonzepte der Technologien des Semantic Web

*In den beiden vorangegangenen Kapiteln wurde aufgezeigt, wie sich das Gesamtbild einer Enterprise Architecture aus verschiedenen Quellen zusammensetzt und welche EA-Analysen von Relevanz sind.*

*Ausgehend von den Einschränkungen traditioneller Ansätze bei der Integration von Datenquellen betrachtet dieses Kapitel den Einsatz von Technologien des Semantic Web. Nach Darstellung ihrer Grundlagen wird erläutert, wie sie die Vernetzung von Daten aus verschiedenen Quellen unterstützen können.*

---

4.1	Klassische Ansätze zur Integration mehrerer Datenquellen . . . . .	53
4.2	Verständnis des Semantic Web und seiner Technologien . . . . .	55
4.3	Bausteine und Technologien des Semantic Web . . . . .	58
4.4	Vernetzung von Daten mittels der Technologien des Semantic Web . . . . .	68

---

## 4.1 Klassische Ansätze zur Integration mehrerer Datenquellen

Wie Kapitel 2 aufgezeigt hat, existieren neben einer EA mit ihren abstrahierten Informationen noch verschiedene detaillierte Modelle in den Domänen. Diese Detailmodelle sind mit ihren Inhalten oftmals in unterschiedlichen, unabhängigen Werkzeugen abgelegt. Einhergehend damit nutzen sie regelmäßig eigene Begriffswelten und haben voneinander isolierte Metamodelle. Für eine Nutzung dieser Detailmodelle, etwa zur Analyse, wäre jedoch eine effiziente Möglichkeit zur Zusammenfassung notwendig. Neben der technischen Zusammenführung spielt auch das Überbrücken semantischer Unterschiede eine entscheidende Rolle.

Dieser Abschnitt befasst sich daher mit traditionellen Ansätzen zur Integration mehrerer Datenquellen sowie mit ihren Einschränkungen.

### 4.1.1 Traditionelle Integrationsansätze

Im Umfeld von Datenbanken ist die Integration von Informationen aus oftmals verschiedenen Quellen in einen zusammenhängenden Datenbestand eine präsen- te und vielfach erörterte Problemstellung [Siehe UI100, S. 199]. Dabei ist die abgestimmte Weiterentwicklung bzw. Integration verschiedener Modelle herausfordernd und erfordert oftmals spezifische Verfahren [Vgl. DT10, S. 320]. Zugleich erzeugt diese Integrationsaufgabe meist besondere Herausforderungen, da etwa die Quellen nicht einfach angepasst werden können und somit als gegeben hingenommen werden müssen [Siehe UI100, S. 199]. Vor diesem Hintergrund weisen *Sheth* und *Larson* [Siehe SL90, S. 186-189] darauf hin, dass Unterschiede bezüglich der beteiligten Systeme zu berücksichtigen seien, genauso wie teils erhebliche Unterschiede auf der semantischen Ebene der Daten, was auch als semantische Heterogenität bezeichnet werde. Hierbei liegen eventuell gleichnamige Konzepte in den Quellen vor, allerdings mit verschiedenen Bedeutungen oder es existieren unterschiedlich benannte Konzepte mit hingegen identischer Bedeutung [Siehe



allgemeingültiges Vorgehen, sodass dies jeweils durch umfangreiche Konstrukte im Code sicherzustellen sei. [Siehe Heb+09, S. 4-5] Daraus folgt eine erschwerte Pflege bei Anpassungen, da die Semantik direkt im Code ausprogrammiert ist und somit teilweise sehr komplex sein könnte.

Zur Integration der Daten können dann etwa die genannten traditionellen Verfahren genutzt werden. Verbreitet ist besonders der ETL-Prozess (Extraktion, Transformation, Laden), bei dem die Daten aus einer Quelle extrahiert und vor dem Laden in die Zieldatenbank transformiert werden [Siehe KSS14, S. 97-99]. Allerdings sind damit verschiedene Probleme verbunden, auf die in [Siehe Heb+09, S. 20] hingewiesen wird, wie etwa eine schlechte Skalierung, ein Zeitverzug und aufwendige Anpassungen des Prozesses bei veränderten Strukturen.

Im EA-Kontext ist es Abschnitt 2.1.2 folgend verbreitet, dass insbesondere die detaillierten Modelle in verschiedenen Werkzeugen abgelegt werden. Entsprechend groß ist die Vielfalt, wie die Daten jeweils abgelegt sind. Die Daten könnten von den Werkzeugen in Datenbanken mit festgelegten Schemata abgelegt oder in speziellen Dateien dokumentiert werden. Ebenso ist es möglich, dass die Werkzeuge nur über eine Export-Schnittstelle nach außen kommunizieren. Die Semantik ist damit oftmals in der proprietären Implementierung bzw. Datenhaltung verborgen und nicht explizit gegeben.

Hinzu kommt, dass die zugrunde liegenden Modelle aus einer technischen Perspektive erstellt sind und nicht für den Anwender mit seiner fachlichen Perspektive, was das Verständnis der Daten und deren Beziehungen untereinander beeinträchtigen kann [Siehe Blu14, S. 7]. Zumal bei Datenbanken die Beziehungen oft abstrakt anhand von Fremdschlüsseln realisiert sind [Vgl. Heb+09, S. 9]. Nicht selten werden künstlich erzeugte Nummern als Fremdschlüssel verwendet, die zudem nur für den begrenzten Bereich der Tabelle oder Datenbank eindeutig sein könnten [Siehe KD11, S. 240].

Darüber hinaus besteht eine Einschränkung darin, dass das Schema der Datenbank während der Entwicklungszeit festgelegt und umgesetzt werden muss, damit später die Informationen abgelegt werden können. Neue Informationen können somit nur abgespeichert werden, wenn sie genau dem verwendeten Schema entsprechen. Eine Schemaanpassung ist dabei nicht ohne Weiteres möglich, da ein großer Aufwand (z. B. Migration bestehender Daten, Programmanpassungen) erforderlich wäre. Wobei ergänzt werden kann, dass bei relationalen Datenbanken jeweils verschiedene Sprachen zum Einsatz kommen müssen, um einerseits die Struktur einer Datenbank bzw. Tabelle und andererseits die Daten zu definieren [Siehe Heb+09, S. 9].

Somit erscheinen Ansätze als nützlich, welche die den Daten innewohnende Semantik explizit machen, nicht zuletzt in einem Integrationsszenario, bei dem verschiedene Quellen mit jeweils eigenen Bedeutungskontexten integriert werden sollen. Zudem würde die Nachvollziehbarkeit erhöht werden, wenn eindeutige Referenzen über verschiedene Tabellen und Datenbanken hinaus möglich wären.

## 4.2 Verständnis des Semantic Web und seiner Technologien

Wie in Abschnitt 4.1.2 herausgearbeitet wurde, besitzen traditionelle Ansätze zur Integration von verschiedenen Datenquellen mögliche Einschränkungen. Demgegenüber wächst die Anerkennung von semantischen Technologien als Konstruktionsprinzip für solche Lösungen. In [Siehe DFH11, S. 5-6; Siehe Blu14, S. 4] wird hervorgehoben, dass die Semantic-Web-Technologien aus der Forschung heraus allmählich in die Praxis verschiedener Bereiche übernommen werden. Auch *Krcmar* [Siehe Krc15, S. 138] betont, dass die Grundlagen etabliert sind und der

Forschungsschwerpunkt nun auf der Anwendung der Semantic-Web-Technologien in konkreten Einsatzszenarien liegt. Insgesamt kann dies als Indiz gesehen werden, dass die Technologien des Semantic Web anerkannt sind und die generelle Nutzbarkeit bewiesen ist. Aktuell gilt es somit aufzuzeigen, wie diese Technologien genutzt werden können, um Problemstellungen effektiv zu lösen.

Eine erste Besonderheit ist die explizite Berücksichtigung der Semantik von Informationen [Vgl. BHL01]. Als weitere Vorzüge der Technologien des Semantic Web gelten unter anderem die flexible, graphenbasierte Ablage der Informationen im Gegensatz zu den festen Schemata in herkömmlichen Datenbanken sowie die einfache Möglichkeit, die Informationsbasis ohne große Auswirkungen während des Betriebs zu erweitern und zu verändern [Siehe Ege15, S. 34]. Mittels dieser Technologien ist es folglich auf effiziente Weise möglich, der semantischen Heterogenität bei der Integration von Datenquellen zu begegnen, was als Herausforderung im vorangegangenen Abschnitt hervorgehoben wurde.

In ihrem Artikel präsentierten *Berners-Lee, Hendler* und *Lassila* [BHL01] die Grundannahmen und Konzepte des Semantic Web. Ihre Vision bestand darin, das bestehende World Wide Web (WWW) so zu erweitern, dass Informationen und ihre Bedeutung von Maschinen und Programmen automatisiert interpretiert und genutzt werden können. Computer und Menschen sollen dadurch besser zusammenarbeiten können. Die Informationen können dabei dezentral vorliegen. Ebenso ist es Teil der Vision, aus bestehenden Informationen neue Informationen schlussfolgern zu können.[Zu diesem Absatz siehe BHL01]

Die verschiedenen Datenquellen müssen dabei auf konsistente Weise zusammengeführt werden und zugleich die Daten so angereichert sein, dass entsprechende Anwendungen diese Daten nutzen und Problemstellungen damit lösen können [Siehe AH11, S. 3]. Hierzu werden verschiedene Basistechniken des WWW wiederverwendet, wozu etwa die eindeutige Identifikation von Objekten durch einen Uniform Resource Identifier (URI) zählt [Siehe DFH11, S. 5]. Diese eindeutige Identifikation von Objekten ist erforderlich, um Beziehungen zwischen Objekten herzustellen und somit auch die Bedeutung eines Objekts auszudrücken [Vgl. Heb+09, S. 5]. Eine bestimmte Bedeutung wird dabei deklarativ durch die Verwendung feststehender Typen und Beziehungen zwischen Objekten definiert [Vgl. Dec+00, S. 70]. Hierzu weisen [Siehe Av08, S. 3; und siehe Hit+08, S. 12] gleichermaßen begründet darauf hin, dass Anwendungen die Bedeutung von Inhalten nicht wie ein Mensch tatsächlich verstehen müssen, sondern nur die Informationen automatisiert verarbeiten können sollen. Dies ist ein signifikanter Unterschied.

Es geht beim Semantic Web folglich nicht darum, dass Anwendungen die Informationen aus sich selbst heraus verstehen oder deuten können. Vielmehr geht es um das automatisierte Verarbeiten sowie das Erkennen und Identifizieren von Konzepten und Objekten. Eine Anwendung hat nicht die Möglichkeit, Begriffe dem menschlichen Verständnis nach zu verstehen und zu unterscheiden, etwa was der Begriff *Ton* bezeichnet. Ohne Beziehungen des Begriffs zu anderen Objekten ist es unmöglich, Ton (Töpferei) von einem Ton (Musik) oder weiteren Bedeutungen zu unterscheiden.

Das Semantic Web hat durch seine Vision zunächst einen globalen Fokus. Aber die Grundbausteine sind nicht nur auf globaler Ebene zur Repräsentation und Integration von Informationen und ihrer Bedeutung relevant. Auch in dem begrenzten Rahmen eines Unternehmens können sie etwa den auszugsweise in Abschnitt 4.1.2 skizzierten Einschränkungen traditioneller Ansätze begegnen. Den Einsatz dieser Ideen im lokalen Kontext von Unternehmen zeigt z. B. auch [Vgl. Joh06] im Rahmen einer Studie auf. Andere Quellen, wie z. B. [Vgl. Pas12] und darauf beziehend [Vgl. PS15], sprechen sogar explizit von einem „Corporate Semantic Web“ und meinen den Einsatz von Technologien des Semantic Web innerhalb eines Unternehmens, um etwa das

Wissensmanagement zu unterstützen. Aus diesem Grund erscheint es angebracht, neben dem *Semantic Web* auch die grundlegenden *Technologien* explizit zu betrachten, wie es etwa auch in [Siehe Hit+08, S. 12] oder [Siehe Krc15, S. 136] gemacht wird.

Die wesentlichen Bausteine und Technologien sind dabei vom World Wide Web Consortium (W3C) [Wor18] in Form von Standards oder Recommendations (Empfehlungen) beschrieben [Vgl. AH11, S. 1]. Die vom W3C beschlossenen Dokumente sind die Voraussetzung, dass Anwendungen untereinander Informationen austauschen und miteinander verknüpfen können, auch auf semantischer Ebene [Siehe Hit+08, S. 11-12; Siehe KD11, S. 235]. Auf einige der zentralen Technologien, etwa zur Repräsentation der Informationen, dem Anfragen von gespeicherten Informationen oder dem Schlussfolgern von neuem Wissen, wird in den nachfolgenden Abschnitten gesondert eingegangen. Um die generelle Nutzbarkeit der Technologien auch in dem lokalen Kontext eines Unternehmens hervorzuheben, wird in dieser Arbeit von *Semantic-Web-Technologien* gesprochen. Wobei durchaus auch externe Quellen, die über das Internet verfügbar sind, mit der lokalen Informationsbasis verknüpft werden könnten. Andererseits werden jedoch nicht zwingend lokale Informationen nach außen kommuniziert.

Die Semantic-Web-Technologien bieten relevante Eigenschaften und Funktionen für den skizzierten Anwendungsfall der Integration verschiedener Datenquellen. Dadurch bieten sie gegenüber den traditionellen Integrationsansätzen unterschiedliche Vorteile. So wurde bereits auf den Umgang mit der semantischen Heterogenität bei der Integration hingewiesen. Zugleich bieten sie ausdrucksstarke Möglichkeiten, vielfältige Informationen und Beziehungen abzubilden und dabei Informationen aus verschiedenen Quellen zu integrieren [Siehe Heb+09, S. 7].

Dies ist auch vor dem Grundgedanken einer EA denkbar, wo es nicht nur um die Integration von Datenbanken geht, sondern beliebige Quellen adressiert werden können.

Ebenso wird die Semantik der Informationen berücksichtigt. Da die Semantik nicht explizit formuliert ist, bieten demgegenüber die herkömmlichen Systeme nicht die Möglichkeit, diese Semantik direkt bei Abfragen nach gewünschten Informationen zu berücksichtigen [Vgl. KD11, S. 245-247].

Wie bei *Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] ausgeführt wird, bieten sich darüber hinaus Möglichkeiten während des Lebenszyklus einer Anwendung, die Strukturen und die Daten flexibel an aktuelle Anforderungen anzupassen. Eine entsprechend programmierte Anwendung könne damit vergleichsweise einfach umgehen. Eine Anwendung gemäß den traditionellen Ansätzen benötige hingegen in dem Fall einen erheblichen Anpassungsaufwand. Auch die Verknüpfung von Informationen aus verschiedenen Arten von Quellen, wie etwa relationalen Datenbanken oder strukturierten Textdateien, könne mittels semantischer Transformationsvorschriften realisiert werden. Eine weitere Besonderheit sei zudem, dass diese zusammengeführten Informationen eine Basis ergeben, die es erlaube, neue Informationen abzuleiten.[Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 18-19]

Wobei darauf hingewiesen sei, dass mit der Nutzung semantischer Technologien nicht automatisch einhergeht, auf (relationale) Datenbanken zu verzichten. Auf der einen Seite sind sie als Informationsquellen in Unternehmen weiterhin etabliert, etwa als fester Bestandteil von Anwendungen für deren Speicherung von Informationen. Auf der anderen Seite nutzen auch Lösungen des Semantic Web bestimmte Speichersysteme, die auf relationalen Datenbanken aufsetzen oder Merkmale davon nutzen [Vgl. KD11].

Aus [Vgl. KD11, S. 247] kann zudem entnommen werden, dass viele Szenarien der Integration und Zusammenführung von Daten auch mit herkömmlichen Techniken realisiert werden könnten, dies jedoch mitunter weniger effizient und weniger leicht zu handhaben ist als bei Nutzung der Technologien des Semantic Web. Dies lässt sich auf Basis von [Vgl. AH11, S. 4]

bestätigen und dahin gehend ergänzen, dass die Semantic-Web-Technologien genau für solche Integrationsszenarien konzipiert und optimiert sind.

Folglich ist ein Einsatz dieser Technologien zu empfehlen, anstatt die Funktionalität umständlich und eventuell eingeschränkt mittels traditioneller Ansätze nachzubilden.

### 4.3 Bausteine und Technologien des Semantic Web

Wie im vorherigen Abschnitt eingeführt, basiert das Semantic Web auf einigen grundlegenden Technologien. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Technologien jeweils beschrieben. Für darüber hinausgehende Erläuterungen oder für in der Arbeit nicht verwendete Technologien wird an dieser Stelle auf die umfangreiche Literatur zum Thema Semantic Web hingewiesen [Stellvertretend vgl. Av08; Heb+09; AH11]. Die Technologien des Semantic Web bauen dabei in der Regel aufeinander auf und erfüllen jeweils unterschiedliche Aufgaben, wie z. B. Datenrepräsentation oder Datenanfragen [Vgl. Av08, S. 17-20; Vgl. DFH11, S. 18-22].

In den folgenden Unterabschnitten werden die grundlegenden Technologien vorgestellt, bevor in Abschnitt 4.4 aus einer anwendungsorientierten Sicht die Vernetzung von Daten mittels dieser Basistechnologien erläutert wird.

#### 4.3.1 Graphbasiertes Datenmodell und Adressierung

In [Siehe CWL14] ist die Beschreibungsform von Informationen im Semantic Web als W3C-Recommendation dokumentiert. Auf dieser Erläuterung beruhen die folgenden Ausführungen in diesem Absatz. Demzufolge ist ein *Tripel* die grundlegende Struktur zur Beschreibung von Informationen. Ein Tripel besteht aus den drei Bestandteilen *Subjekt*, *Objekt* und *Beziehung* (auch *Prädikat* genannt). Die Beziehung existiert zwischen Subjekt und Objekt. Diese Struktur wird in der Recommendation als Graph visualisiert, wie auch in der Abbildung 4.2 dargestellt. Subjekt und Objekt entsprechen den Knoten, das Prädikat ist eine gerichtete Kante. Ein Tripel wird auch als *Statement* bezeichnet, da es eine Aussage über das Subjekt macht. Eine Menge von Tripeln kann in einem gemeinsamen Graphen zusammengefasst werden. [Zu diesem Absatz siehe CWL14; Ergänzend hierzu vgl. Heb+09, S. 68-69]

Subjekt und Objekt sind dabei beliebige *Ressourcen* [Siehe CWL14]. Wobei eine Ressource eine Sache ist, über die eine Aussage gemacht werden soll oder selbst Gegenstand einer Aussage ist [Vgl. Av08, S. 67]. In [Siehe CWL14] wird der Begriff Ressource umfangreich gesehen und steht entweder für einen Adressverweis oder ein Literal, was einem konkreten Inhalt (z. B. Text) entspricht. Andere Quellen wie [Stellvertretend siehe Av08, S. 67-68; Siehe Heb+09, S. 69] wählen ein engeres Begriffsverständnis und unterscheiden Literale (Inhalt) und Ressourcen (Adressverweis). Aufgrund der in der Praxis verbreiteten Unterscheidung und der eindeutigeren Trennung werden dem engeren Verständnis folgend nachfolgend *Ressourcen* (adressierbar) und *Literale* (einfacher Wert) unterschieden.

Ein wichtiges Prinzip im Semantic Web ist die Adressierbarkeit aller drei Tripel-Bestandteile, damit diese identifiziert und in Beziehung gesetzt werden können [Siehe BHL01].



**Abbildung 4.2:** RDF-Tripel bestehend aus Subjekt, Objekt und einem Prädikat als Beziehung dazwischen (Quelle: Nach [CWL14])

Im Kontext des WWW entspricht ein *Uniform Resource Locator* (URL) der Zugriffsadresse auf eine Web-Ressource [Vgl. BMM94]. Durch Verallgemeinerung der Syntax und Beschränkung auf die Aufgabe der Identifikation einer Ressource ergibt sich der *Uniform Resource Identifier* (URI) [Vgl. BFM05]. Durch Erweiterung des bei einem URI zur Verfügung stehenden Zeichenvorrats entstand dann der *Internationalized Resource Identifier* (IRI) [Vgl. DS05]. Durch diese Hierarchie ergibt sich zwangsläufig, dass ein URL auch ein URI ist und ein URI auch ein IRI ist.

Als Adressierschema im Semantic Web kommt jeweils allgemein ein IRI zum Einsatz, der darüber hinaus auch zur Zuordnung eines eindeutigen Datentyps zu einem Literal verwendet wird [Vgl. CWL14]. Die Angabe eines Datentyps ist zweckmäßig, damit verarbeitende Anwendungen erkennen können, ob ein Datenwert als Zahl oder Text oder etwas Anderes zu interpretieren ist [Siehe Av08, S. 71]. Ein einfaches Beispiel für einen zulässigen IRI, der im Semantic Web zur Identifikation einer Ressource genutzt werden kann, zeigt folgende Zeichenkette: `http://www.uni-kiel.de/semanticweb/iri#beispiel`. Dabei ist es nicht zwingend, dass unter dieser Adresse z. B. eine Webseite tatsächlich abrufbar ist, da es lediglich um die (eindeutige) Identifikation der Ressource geht [Vgl. Hit+08, S. 37-38].

Statt durch einen IRI kann ein Subjekt optional auch als *blank node* gegeben sein, was nur die generelle Existenz einer Ressource anzeigt und dabei auf einen abgeschlossenen, lokalen Kontext begrenzt ist [Vgl. CWL14].

Das Objekt als drittes Tripel-Element ist hingegen flexibler, da neben IRI und blank node auch die Nutzung eines Literals zulässig ist [Vgl. CWL14].

Aus der Verknüpfung einzelner Tripel kann eine große Informationsbasis entstehen. Das Datenmodell ist damit sehr flexibel und im Gegensatz zu den traditionellen Ansätzen eines relationalen Datenmodells (siehe Abschnitt 4.1) ohne fest vorgegebenes Schema. So ist es schlicht durch die Angabe eines neuen IRI möglich, ein beliebiges neues Konzept (Subjekt, Objekt) oder eine Eigenschaft (Prädikat) einzuführen [Siehe BHL01].

Ein IRI sollte dabei jeweils global eindeutig sein, damit die Ressource eindeutig referenzierbar ist und Mehrdeutigkeiten vermieden werden können [Vgl. Av08, S. 68]. Eine Möglichkeit hierzu ist etwa die Verwendung der eigenen Internet-Domain als Beginn des IRI [Vgl. Hit+08, S. 49]. Wird der in Abschnitt 4.2 genannte Begriff „Ton“ in Beziehung zu einer wohldefinierten anderen Ressource gesetzt, kann somit die Mehrdeutigkeit aufgelöst werden.

Da jeder einen eigenen IRI für eine Sache definieren könnte, wäre es zudem sinnvoll vorhandene und allgemein anerkannte IRIs wiederzuverwenden, die eine bestimmte Sache eindeutig repräsentieren [Siehe HJS11, S. 64].

Ein einfaches Beispiel bezieht sich auf die schleswig-holsteinische Landeshauptstadt Kiel. Zwei verschiedene, gültige IRIs wären `http://www.kiel.de` und `http://de.dbpedia.org/resource/Kiel`. Einzig auf Basis der beiden IRIs ließe sich nicht feststellen, ob die gleiche Sache gemeint ist. Der zweite IRI stammt vom öffentlich zugänglichen DBpedia-Projekt [Siehe DBp18], welches Daten von Wikipedia [Siehe Wik18] für die Nutzung im Semantic Web anbietet. Folglich könnte dieser IRI allgemein verwendet werden, wenn auf die Stadt Kiel Bezug genommen werden soll.

In Abschnitt 4.4.4 wird näher erläutert, wie mit der Situation umgegangen wird, wenn verschiedene IRIs auf die gleiche Sache verweisen. Dies ist essenziell, da dies eine relevante Problemstellung bei dezentralen Quellen ohne zentrale Koordination ist.

Die Flexibilität des Datenmodells und die Adressierbarkeit der Ressourcen erleichtern dabei den Datenaustausch über Systemgrenzen hinweg [Vgl. Heb+09, S. 65]. Auf diesen Aspekt der Datenintegration wird in Abschnitt 4.4.5 aufgrund der Relevanz gesondert eingegangen.

### 4.3.2 Resource Description Framework (RDF)

Es wurde zuvor das konzeptionelle, graphbasierte Datenmodell des Semantic Web erläutert. Mit dem *Resource Description Framework* (RDF) [Siehe CWL14] steht eine W3C-Recommendation zur Verfügung, um dieses Datenmodell zu formalisieren [Siehe Heb+09, S. 69]. Nachfolgend werden nur die essenziellen Merkmale von RDF erläutert, die für die vorliegende Arbeit relevant sind. Für detaillierte Ausführungen wird auf [Vgl. CWL14] verwiesen.

Da die Graphen in RDF zunächst nur abstrakt sind, müssen die Tripel zum Austausch und zur Verarbeitung serialisiert werden [Siehe Av08, S. 66; Siehe Heb+09, S. 74]. Für die Übertragung der Graphen in Textform haben sich verschiedene Serialisierungsformen etabliert, wie etwa *Hitzler, Krötzsch, Rudolph* und *Sure* [Hit+08] sowie *Antoniou* und *van Harmelen* [Av08] beschreiben. Auf diesen Ausführungen beruht dieser Absatz. Ein Unterschied der Varianten sei dabei, wie komfortabel sie die Angabe der Tripel unterstützen und wie lesbar sie für Menschen sind. Wobei jede Serialisierung stets die Verarbeitung durch Anwendungen ermögliche. Eine verbreitete Variante nutzt XML, da XML in vielen Programmiersprachen durch bestehende Mittel gut verarbeitet werden könne. Die Reihenfolge der Tripel in der serialisierten Textform spiele keine Rolle, denn intern folge die Interpretation dem Gedankenkonstrukt eines Graphen. [Zu diesem Absatz siehe Hit+08, S. 39 ff.; und siehe Av08, S. 66 ff.] Die Serialisierung mittels XML ist vom W3C in [Siehe GS14] beschrieben.

Die Serialisierungsformen bieten die gleiche Ausdruckskraft und können somit die gleichen Inhalte repräsentieren [Siehe Heb+09, S. 74]. Aufgrund der vergleichsweise guten Lesbarkeit für Menschen und der kompakten Schreibweise wird im Rahmen dieser Arbeit die Sprache *Turtle* [Siehe Bec+14] als alternative Serialisierungsform verwendet.

Wie bereits aufgezeigt wurde, spielt die Identifikation von Ressourcen und Prädikaten durch IRIs eine besondere Bedeutung. Hierbei gibt es die Möglichkeit, dass eine Menge genau beschriebener IRIs vorgegeben und z. B. vom W3C oder einer beliebigen anderen Person bzw. Organisation als RDF-Vokabular veröffentlicht wird [Siehe CWL14]. Ein Beispiel ist die im nächsten Abschnitt 4.3.3 vorgestellte Sprache *Resource Description Framework Schema (RDFS)*. Die reservierten IRIs können wie normale IRIs verwendet werden, aber sie implizieren eine ganz bestimmte, von der Sprache vorgesehene Bedeutung [Vgl. AH11, S. 37-38; Vgl. Hit+08, S. 47-49]. Vokabulare sind somit auch eine Möglichkeit, um die Nutzung verschiedener IRIs für identische Ressourcen zu vermeiden und stattdessen einheitliche IRIs mit bestimmter Bedeutung vorzugeben [Vgl. Hit+08, S. 47-48].

In Listing 4.1 ist ein einfaches Beispiel für eine Serialisierung von RDF-Daten in der Turtle-Syntax dargestellt. Der Turtle-Syntax folgend sind die IRIs (z. B. <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel>) jeweils von spitzen Klammern umschlossen und die Tripel schließen mit einem Punkt [Siehe Bec+14; Ergänzend siehe Hit+08, S. 41; Ergänzend siehe Heb+09, S. 78-80].

Durch Verwendung eines speziell ausgewiesenen Präfixes kann die Lesbarkeit noch erhöht und die IRI-Schreibung verkürzt werden [Siehe Bec+14; Ergänzend siehe Heb+09, S. 79]. Die Gültigkeit des Präfixes ist jedoch lokal auf das aktuelle RDF-Dokument begrenzt [Siehe AH11, S. 35-36]. Im Tripel erfolgt die IRI-Angabe mittels Präfix ohne spitze Klammern, wobei das Präfix bei der Verarbeitung später automatisch durch die Langform ersetzt wird [Siehe Bec+14; Ergänzend siehe Hit+08, S. 41; Ergänzend siehe Heb+09, S. 79-80].

Im Beispiel wird `citylang` als Präfix definiert und diesem die Langform `http://citylanguage.example.org/` zugewiesen. Dies steht für ein fiktives RDF-Vokabular zum Kontext „Stadt“. Das Vokabular enthält verschiedene IRIs mit einer entsprechenden Bedeu-

tung, wie z. B. der Festlegung, dass das Prädikat `http://citylanguage.example.org/hasUniversity` aussagt, dass eine Stadt eine bestimmte Universität hat.

Das Beispiel in Listing 4.1 macht also zwei Aussagen über die Ressource mit dem IRI `http://de.dbpedia.org/resource/Kiel`. Erstens wird dieser Ressource als Subjekt über das Prädikat `citylang:hasUniversity` (bzw. in Langform `http://citylanguage.example.org/hasUniversity`) ein Objekt (`http://www.uni-kiel.de/`) zugewiesen. Das Tripel soll aussagen, dass die Stadt Kiel (Subjekt) eine Universität hat (Prädikat), nämlich die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Objekt). Das zweite Tripel sagt aus, dass die Stadt Kiel (Subjekt) den Status (Prädikat, `citylang:status`) einer Landeshauptstadt (Objekt, `citylang:StateCapital`) besitzt. Wobei angenommen wird, dass die Ressource `citylang:StateCapital` im Vokabular ein reservierter IRI ist und somit eine verarbeitende Anwendung die entsprechende Bedeutung berücksichtigen kann. Die reservierten IRIs sind wichtig, um Ressourcen in einen Bedeutungszusammenhang einzuordnen, der von einem Menschen oder einer Anwendung geeignet berücksichtigt werden kann [Siehe Hit+08, S. 48].

**Listing 4.1:** Städtebeispiel in der Turtle-Syntax

```
1 @prefix citylang: <http://citylanguage.example.org/> .
2 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> citylang:hasUniversity <http://www.uni-kiel.de/> .
3 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> citylang:status citylang:StateCapital .
```

Anwendungslösungen im Kontext des Semantic Web können sogenannte RDF-Stores verwenden, um die Informationen in Form der Tripel gemäß dem RDF-Datenmodell effizient abzulegen und zuzugreifen [Siehe AH11, S. 52-54].

Auf einen Punkt gebracht stellt RDF das Rückgrat des Semantic Web dar. RDF formalisiert das grundlegende Datenmodell, was die vielfältigen Nutzungsszenarien ermöglicht. Zugleich ist es Basis für spezifischere Technologien, wie in den nächsten Abschnitten zu sehen ist.

### 4.3.3 Resource Description Framework Schema (RDFS)

Es wurde soeben RDF als Formalisierung des graphbasierten Datenmodells eingeführt. RDF erlaubt durch seine Flexibilität beliebige Statements (Tripel) zu beschreiben [Bestätigend vgl. AH11, S. 23-24]. Aus diesem Grund sind bei RDF keine reservierten IRIs für eine konkrete Datenmodellierung vorgegeben [Siehe Dec+00, S. 66]. Dies kann jedoch mittels einer spezifischeren Technologie erfolgen, die auf RDF aufbaut. Eine dieser Technologien zur Datenmodellierung ist *RDF Schema (RDFS)* [Siehe BG14]. RDFS ist ein Vokabular, welches reservierte IRIs mit dazu vorgesehener Semantik zur Datenmodellierung beinhaltet [Siehe BG14; Ergänzend vgl. Hit+08, S. 66-68]. RDFS bildet damit ein rudimentäres und flexibles Typsystem für RDF-Datenmodelle [Siehe Dec+00, S. 66].

*Antoniou* und *van Harmelen* [Av08] heben die Intention von RDFS sehr gut hervor. Demnach ermögliche es RDFS für eine bestimmte Domäne, die zu verwendende Terminologie festzulegen. RDF hingegen sei domänenneutral. [Siehe Av08, S. 66-67]

Die in RDFS gegenüber RDF neu hinzugekommenen, reservierten IRIs beginnen mit dem Namespace `http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#`, wofür als verkürzter Präfix in der Regel `rdfs` verwendet wird [Siehe BG14]. Es gibt aber auch einige reservierte IRIs die RDF allgemein zugerechnet werden, für die der Namespace `http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#` mit dem verbreiteten Präfix `rdf` vorgesehen ist [Siehe BG14].

Wie in [BG14] dokumentiert ist, stellt die Einführung eines Klassenkonzepts einen wesentlichen Aspekt von RDFS dar. Dieses ermögliche die Einordnung von Ressourcen als Klassen

oder Instanzen. Dadurch könne eine Zuordnung von Instanzen zu Klassen erfolgen, sodass eine Klasse eine Menge von Instanzen beschreibe. Die Identifizierung von Klassen und Instanzen erfolge wie üblich durch ihren IRI. Mithilfe eines reservierten IRI, dem Prädikat `rdf:type`, werde eine Ressource (Instanz) einer anderen Ressource (Klasse) durch ein Statement zugeordnet. Eine Ressource könne zudem explizit als Klasse definiert werden, indem sie mittels des Prädikats `rdf:type` in Beziehung zu der Ressource mit dem reservierten IRI `rdfs:Class` gesetzt werde.[Zu diesem Absatz siehe BG14; sowie ergänzend vgl. Av08, S. 85; und ergänzend vgl. AH11, S. 127-128]

In [Heb+09] wird auf das abweichende Verständnis von Instanzen einer Klasse in RDFS verglichen mit dem vorherrschenden Verständnis in objektorientierten Programmiersprachen hingewiesen. Im zweiten Fall sei die Instanz dauerhaft an die Klasse gebunden. In RDFS hingegen könne eine Instanz ihre Klassenzugehörigkeit leicht verändern, zu mehreren Klassen gehören oder eventuell auch gar keiner Klasse angehören.[Siehe Heb+09, S. 15-16; Ergänzend siehe BG14]

Des Weiteren ist es möglich, eine Klassenhierarchie mittels RDFS zu definieren, um dadurch eine Klasse als Unterklasse festzulegen [Siehe Av08, S. 85-87].

Hierfür steht, wie in [BG14] erläutert wird, wiederum ein Prädikat mit reserviertem IRI zur Verfügung. Durch Nutzung des Prädikats `rdfs:subClassOf` in einem Tripel werde das Subjekt als Unterklasse des Objekts festgelegt. Wobei Subjekt und Objekt jeweils Ressourcen seien, die Klassen repräsentieren. Die Semantik von RDFS lege zudem fest, dass Instanzen der Unterklasse stets Instanzen der Oberklasse seien.[Zum Vorherigen siehe BG14] Ergänzend wird in [Siehe Av08, S. 66] hervorgehoben, dass diese im W3C-Dokument festgelegte Semantik von allen verarbeitenden Anwendungen entsprechend zu berücksichtigen sei.

*Hitzler, Kröttsch, Rudolph* und *Sure* [Hit+08] weisen auf einen Vorzug hin, der sich durch die Berücksichtigung der Semantik ergibt und den Aufwand für die Erstellung und Pflege der Informationsbasis reduziert. So entfalle die Notwendigkeit für jede Instanz einer Unterklasse explizit anzugeben, dass sie auch gleichzeitig eine Instanz der Oberklasse sei. Durch die Semantik der Klassenbeziehungen könne diese Information von einer Anwendung geschlussfolgert werden und brauche daher nicht explizit angegeben zu werden.[Vgl. Hit+08, S. 70-73]

Im Listing 4.2 wird das Städtebeispiel aus Abschnitt 4.3.2 aufgegriffen, um die zuvor erläuterten Konzepte von RDFS zu verdeutlichen. Als Vereinfachung kann gemäß [Siehe Bec+14] das Prädikat `rdf:type` in Turtle gleichbedeutend durch ein `a` ersetzt werden.

In diesem zweiten Beispiel werden eine Klasse für Städte im Allgemeinen (Zeile 5) und eine Klasse für Landeshauptstädte (Zeile 6) definiert. Anschließend wird die Klasse für Landeshauptstädte als Unterklasse von der Klasse für Städte festgelegt (Zeile 7). In Zeile 8 wird Kiel als Instanz der Klasse für Landeshauptstädte und in der darauf folgenden Zeile Wedel als Instanz der Klasse für Städte definiert.

**Listing 4.2:** Fortführung Städtebeispiel: Klassenbildung und Instanzen in RDFS

```

1 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
2 @prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
3 @prefix citylang: <http://citylanguage.example.org/> .
4
5 citylang:City rdf:type rdfs:Class .
6 citylang:StateCapital rdf:type rdfs:Class .
7 citylang:StateCapital rdfs:subClassOf citylang:City .
8 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> a citylang:StateCapital .
9 <http://de.dbpedia.org/resource/Wedel> a citylang:City .

```

Bei Berücksichtigung der zuvor genannten Semantik der Unterklassen-Beziehung gilt folglich, dass Kiel als Instanz der Unterklasse gleichzeitig auch Instanz der Oberklasse (`citylang:City`) ist. Diese Beziehung muss nicht explizit ausformuliert werden. Dem Schließen von implizitem, neuem Wissen kommt somit eine besondere Bedeutung zu. Dieses wird im folgenden Abschnitt 4.3.4 erläutert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass RDFS sehr flexibel ist und die grundlegende Definition eines Vokabulars mit seinen Klassen und Beziehungen unterstützt. Umfangreichere Informationen zu RDFS finden sich im offiziellen W3C-Dokument [Siehe BG14].

#### 4.3.4 Schlussfolgern von neuem Wissen

In ihrer Beschreibung der grundlegenden Vision des Semantic Web heben *Berners-Lee, Hendler* und *Lassila* [Siehe BHL01] das sogenannte *Reasoning*, also das Schlussfolgern von neuem Wissen, als einen essenziellen Bestandteil hervor. Durch den Einsatz eines entsprechenden Reasoners ist es damit einer Anwendung möglich, zuvor nicht explizit vorliegendes Wissen aus dem vorhandenen Wissen zu schließen [Siehe Heb+09, S. 18]. Explizit formulierte Statements werden damit verwendet, um nicht explizit formulierte Statements abzuleiten, was zugleich die Integration von Informationen verschiedener Quellen durch zusätzliche Querbezüge verbessern kann [Siehe AH11, S. 114].

Es wird von *B'Far* [BFa10] ausgeführt, dass verschiedene Verfahren zum Ziehen von Schlussfolgerungen denkbar sind. Hierbei sei Reasoning als ein Oberbegriff zu sehen. Die Komplexität des einzelnen Verfahrens könne dabei recht unterschiedlich sein. Für einfache Sachverhalte reiche der Einsatz von Inferenzregeln, die bei Vorliegen von bestimmten Prämissen eine definierte Folgerung implizieren würden. In komplexen Fällen könne etwa auch ein System auf Basis von künstlicher Intelligenz eingesetzt werden. [Zu diesem Absatz siehe BFa10, S. 128-137]

Mit zunehmender Mächtigkeit der Beschreibung von Informationen und ihrer Semantik steigt jedoch der notwendige Aufwand alle Schlussfolgerungen abzuleiten [Siehe Av08, S. 14]. Auch in [Siehe BFa10, S. 127 ff.] wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, das Reasoning effizient durchzuführen, insbesondere wenn etwa die Art der Schlussfolgerungen und die Anzahl der zu berücksichtigenden Instanzen erheblich ansteigt. Allerdings reichen in der Praxis häufig einfach aufgebaute Inferenzregeln zur Definition der Semantik bzw. zur Ableitung von neuem Wissen aus, sodass komplexe Schlussfolgerungen nicht erforderlich sind [Siehe Av08, S. 14]. Darüber hinaus wird jedoch in [BFa10] auf verschiedene Techniken und Verfahren verwiesen, um auch bei steigender Instanzenanzahl und zunehmender Komplexität der Schlussfolgerungen eine möglichst effiziente Ableitung erreichen zu können.

Solche Inferenzregeln kommen etwa beim Reasoning von RDFS-Daten zum Einsatz. Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, umfasst RDFS eine bestimmte Menge reservierter IRIs. Die W3C-Recommendation in [BG14] enthält für diese reservierten Ressourcen und Prädikate bereits eine Beschreibung der dafür vorgesehenen Semantik. Formal festgelegt wird die damit verbundene Semantik jedoch in [Siehe HP14].

Ein Beispiel für eine wesentliche Regel in RDFS betrifft die Eigenschaft `rdfs:subClassOf`, die im vorherigen Abschnitt 4.3.3 bereits erwähnt wurde. Die informelle Bedeutung dieser Eigenschaft ist eingängig beschrieben: „If a class C is a subclass of a class C', then all instances of C will also be instances of C'.“ [BG14, o. S.] Diese Bedeutung wird in [HP14] einerseits formal weiter konkretisiert und andererseits auch in Form eines Musters beschrieben [Siehe HP14]. Insgesamt werden in [Siehe HP14] 13 Muster für RDFS aufgelistet, welche die Semantik widerspiegeln und die Schlussfolgerungen ermöglichen. Diese Muster beschreiben somit, welche

neuen Statements abgeleitet werden können, wenn das jeweilige Muster Anwendung findet [Vgl. AH11, S. 128]. Zudem sind diese Standardregeln der RDFS-Semantik bereits in entsprechenden Reasonern verfügbar [Siehe AH11, S. 118]. Ein Beispiel ist das Semantic-Web-Framework *Apache Jena*, wo ein dedizierter RDFS-Reasoner bereits integriert ist [Siehe The18b].

Zwischen den explizit formulierten, in der Informationsbasis vorhandenen Statements, und den mittels eines Reasoners abgeleiteten Statements existiert kein logischer Unterschied, sondern es werden alle Statements gleichrangig behandelt [Vgl. AH11, S. 118-119].

Als ein Beispiel wird im Listing 4.3 das Muster für die `subClassOf`-Beziehung dargestellt. Die Darstellungsweise erfolgt dabei in Anlehnung an [Siehe HP14].

**Listing 4.3:** Schlussfolgerung bezüglich `rdfs:subClassOf`; siehe [HP14]

```

1 WENN Statements in folgender Form gemeinsam vorliegen:
2   a rdfs:subClassOf b .
3   c rdf:type a .
4 DANN soll folgendes Statement erzeugt werden:
5   c rdf:type b .
6 Wobei a,b und c Ressourcen sind, die jeweils durch einen IRI identifiziert werden.
```

Gibt es folglich eine Klasse *a*, die Unterklasse von einer zweiten Klasse *b* ist, und eine Ressource *c* vom Typ der Unterklasse *a*, dann ist die Ressource *c* auch gleichzeitig vom Typ der Oberklasse *b*.

Zur Verdeutlichung wird hier nochmals das Beispiel aus Listing 4.2 im Abschnitt 4.3.3 aufgegriffen. Auf Basis der im Beispiel explizit formulierten Statements und bei Anwendung des Musters für die `subClassOf`-Beziehung kann das folgende neue Statement abgeleitet werden: `<http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> a citylang:City`. Durch Schlussfolgerung ist es somit möglich, Kiel (`http://de.dbpedia.org/resource/Kiel`) auch als Instanz der Klasse `citylang:City` zu erkennen, obgleich dies nicht explizit als Tripel im Ursprungsbeispiel ausgedrückt wurde.

Dieses implizite Wissen wurde durch Schlussfolgerung nun explizit gemacht. Gemäß der vollständigen semantischen Formulierung zu RDFS in [Siehe HP14] werden erwartungsgemäß in der Praxis viele weitere Statements abgeleitet. Das Beispiel zeigt nur einen reduzierten Auszug, um das Prinzip zu verdeutlichen.

Die Herleitung dieses impliziten Wissens hat auch für die spätere Abfrage von Wissen eine entscheidende Bedeutung und vereinfacht diese deutlich. So etwa mittels einer Anfragesprache wie *SPARQL*, die im nächsten Abschnitt 4.3.5 erläutert wird. *Kiryakov* und *Damova* [KD11] heben hierzu hervor, dass sich dadurch allgemeinere und flexiblere Anfragen stellen lassen, obgleich das ausgesagte Wissen deutlich spezifischer formuliert ist. Es sei nicht notwendig, alle denkbaren Beziehungen einzeln in der Informationsbasis zu formulieren, sofern die entsprechende Semantik diese herleiten könne. Eine Anfrage müsse daher nicht zwingend exakt so gestellt sein, wie das explizit formulierte Wissen beschrieben sei. [Siehe KD11, S. 237, 245 ff.]

Im obigen Städtebeispiel wäre es etwa nicht notwendig, Kiel als explizites Mitglied der Klasse `citylang:City` zu beschreiben. Eine Anfrage aller Mitglieder der Klasse `citylang:City` würde unter Berücksichtigung der RDFS-Semantik neben Wedel dennoch auch Kiel als Ergebnis liefern. Was gewünscht ist.

Das Reasoning kann dabei wie zuvor erläutert auf verschiedene Weisen erfolgen. So bieten etwa Programmierframeworks, wie z. B. *Apache Jena*, eigene Möglichkeiten Inferenzregeln zu definieren und auszuführen, sofern sie nicht wie im Fall von RDFS schon integriert sind [Siehe The18b]. Eine weitere mögliche Realisierung ist die Nutzung von *SPARQL*, womit neben Anfragen auch neue Statements erzeugt werden können [Siehe The13c].

Im Umfeld der Schlussfolgerungen spielen zwei Ausprägungen im Umgang mit der Informationsbasis eine wichtige Rolle, welche etwa von *Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] und *Allemang* und *Hendler* [AH11] erläutert werden. Dieser Absatz beruht auf den Ausführungen in diesen beiden Quellen. Bei der *Open World Assumption* wird angenommen, dass zu jeder Zeit neue Informationen hinzukommen können. Es darf demnach nicht angenommen werden, dass die aktuell vorliegenden Informationen abschließend sind. Ein Statement ist dieser Annahme folgend nicht falsch, nur weil es (gegebenenfalls noch) nicht vorhanden ist. Die Annahme braucht nicht beachtet zu werden, wenn akzeptiert wird, dass eine Anwendung ausschließlich diejenigen Informationen liefert, welche zum Zeitpunkt der Anfrage vorhanden sind. Schlussfolgerungen können demnach auch nur mittels solcher Statements erfolgen, die vorhanden sind. Demgegenüber existiert die alternative Annahme *Closed World Assumption*. Wurde ein Statement nicht formuliert und ist somit nicht vorhanden, so kann es als falsch angenommen werden. In der Praxis nutzen Anwendungen oftmals diese Annahme, um eine abgeschlossene Informationsbasis anzunehmen. Wahlweise kann eine Anwendung somit begründet einer *Open World Assumption* oder einer *Closed World Assumption* folgen.[Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 102-104, 233; und siehe AH11, S. 10]

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass das Reasoning zur Herleitung von Schlussfolgerungen eine wichtige Funktion innerhalb der Technologien des Semantic Web darstellt.

#### 4.3.5 Anfrage- und Manipulationssprache SPARQL Protocol And RDF Query Language (SPARQL)

Es wurde zuvor bereits erläutert, mit welchen Semantic-Web-Technologien Wissen repräsentiert und neues Wissen geschlussfolgert werden kann. In diesem Abschnitt erfolgt ein Überblick, wie das gespeicherte Wissen zugegriffen werden kann. Zudem erfolgt auch hier eine Möglichkeit, neue Statements zu erzeugen.

Wie etwa in [Heb+09; AH11] ausgeführt, werden für den Zugriff der Informationen häufig Anfragesprachen verwendet. Es habe sich mit SPARQL [Siehe The13c] praktisch eine Standardsprache für diesen Zweck entwickelt. Sie orientiere sich eng an der Struktur von RDF und nimmt Anleihen bei der Turtle-Syntax.[Siehe Heb+09, S. 147, 192 ff.; Siehe AH11, S. 61-62] SPARQL setzt sich dabei aus verschiedenen detaillierten Spezifikationen für die beteiligten Sprachen sowie Protokolle zusammen und dient insgesamt zur Anfrage sowie Manipulation von Daten in RDF [Siehe The13c].

Eine vollständige Vorstellung von SPARQL ist an dieser Stelle nicht möglich. Vielmehr sollen jene für die vorliegende Arbeit relevanten Eigenschaften und Elemente kurz erläutert werden. Wenn im Folgenden von SPARQL gesprochen wird, so ist damit die Anfragesprache gemeint und nicht das SPARQL-Protokoll. Dies entspricht gemäß [Siehe Heb+09, S. 192] auch der Praxis, da vom Protokoll oftmals durch Frameworks oder Bibliotheken abstrahiert wird.

Im Fokus der Betrachtung steht somit die "SPARQL 1.1 Query Language"[HS13], um Anfragen an die Informationsbasis zu stellen. Die Anfragen können dabei Pattern Matching oder komplexere Konstrukte verwenden [Siehe HS13].

Hierzu wird in [AH11] ausgeführt, dass SPARQL gewisse Freiheitsgrade bei der Definition der Anfragen bietet, wie etwa bezüglich der Reihenfolge der Patterns. Sie wirke sich nicht auf die Vollständigkeit der Ergebnisse aus, habe aber durchaus Einfluss auf die Effizienz der Ausführung. So erfolge die Verarbeitung der Anweisungen Top-down, was von oben nach unten die Treffermenge immer weiter einschränke. Ein gezieltes Formulieren der Anfrage kann die Verarbeitung daher effizienter machen.[Siehe AH11, S. 77-78]

Die Sprache unterstützt neben Abfragen zur Rückgabe gewünschter Daten (SELECT-Anfragen) weitere Anfrage-Typen, wie etwa die Möglichkeit, neue RDF-Graphen ausgehend vom Anfrageergebnis zu erzeugen (CONSTRUCT-Anfragen) [Siehe HS13].

SPARQL kann auch damit umgehen, wenn im Semantic Web die RDF-Daten verteilt vorliegen können. Daher können die Anfragen gemäß der W3C-Recommendation „SPARQL 1.1 Federated Query“ [PB13] so formuliert werden, dass Teile der Anfrage an verteilte Services zur Ausführung übermittelt werden können [Siehe PB13; Siehe The13c]. Sollte eine vorherige Integration der Daten, aufgrund z. B. der Menge, somit nicht effizient möglich sein, dann kann mit SPARQL auf diese verteilten Datenquellen zugegriffen werden und diese in einer Anfrage verarbeitet werden [Siehe AH11, S. 109-112; Vgl. Blu14, S. 11].

Der Aufbau der SELECT-Abfrage ist durch die W3C-Recommendation in [Siehe HS13] festgelegt. Zudem finden sich in der weiteren Literatur ebenso ausführliche Beschreibungen, insbesondere [Vgl. AH11, S. 66-70, 78-79; Vgl. Heb+09, S. 196 ff.; Vgl. Av08, S. 105-108]. Der folgende Absatz beruht auf den Erkenntnissen aus den Quellen von *Harris* und *Seaborne* [HS13], *Allemang* und *Hendler* [AH11], *Hebeler*, *Fisher*, *Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] und *Antoniou* und *van Harmelen* [Av08]. Eine SELECT-Abfrage gliedert sich in zwei Bereiche. Im ersten Bereich werden die Rückgabewerte definiert, welche die Abfrage final zurückliefern soll. Das sind in der Regel Variablen, die durch konkrete Werte aus dem zweiten Bereich der Abfrage, dem WHERE-Block, belegt werden. Im WHERE-Block werden Tripel verwendet, die ähnlich wie normale RDF-Tripel aufgebaut sind. Allerdings können ein oder mehrere Bestandteile des Tripels durch Variablen ersetzt werden. Es ergibt sich ein Pattern beziehungsweise ein Muster. Dabei sind Variablen für alle Tripel-Bestandteile zulässig, also auch für das Prädikat. Das gilt sogar zur selben Zeit, sodass sogar alle drei Bestandteile variabel bleiben könnten. Nutzen mehrere Patterns die gleichen Variablennamen, so müssen diese auch später bei der Ausführung mit dem gleichen Wert (z. B. IRI) belegt sein. Die Tripel sind darüber verbunden. Es verhält sich damit wie ein impliziter Join. Beim Ausführen der Abfrage werden nun alle RDF-Tripel gesucht, die auf die Pattern zutreffen. Die ermittelten Werte werden an die Variablen der Rückgabewerte gebunden und dann als Ergebnis zurückgeliefert. Eine SELECT-Abfrage ähnelt somit dem Prinzip von SQL für relationale Datenbanken. [Zu diesem Absatz vgl. HS13; vgl. AH11, S. 66-70, 78-79; vgl. Heb+09, S. 196 ff.; und vgl. Av08, S. 105-108]

SPARQL unterstützt zudem auch die aus SQL bekannten Gruppierungen und Aggregatfunktionen [Siehe HS13]. Hervorzuheben ist allerdings, dass bei SPARQL die Anfragen auf Graphen ausgeführt werden und nicht wie bei SQL über Tabellen, wodurch bestimmte Anfragen vergleichsweise einfach formuliert werden können [Vgl. Blu14, S. 11]. So bietet SPARQL seit der Version 1.1 die Nutzung sogenannter „Property Paths“, womit beliebig lange Verbindungspfade zwischen zwei Ressourcen betrachtet werden können [Siehe HS13].

In Listing 4.4 ist ein einfaches Beispiel für eine SPARQL-Anfrage dargestellt, das sich an das bereits zuvor eingeführte Städtebeispiel anlehnt. Es wird an dieser Stelle angenommen, dass mit einem Reasoner bereits gemäß der RDFS-Semantik die zusätzlichen Tripel hergeleitet und abgelegt wurden. Einige SPARQL-Systeme wenden sogar im Hintergrund die RDFS-Semantik an, sodass in dem Fall nicht explizit vorab ein Reasoning durchgeführt werden muss [Siehe Av08, S. 106].

Gemäß SPARQL-Syntax [Siehe HS13] werden im Listing zunächst Präfixe für Namespaces zur verkürzten Schreibweise angegeben (Zeilen 1-3). Dies ähnelt der verkürzten Schreibweise zuvor bei der Turtle-Notation. Das SELECT-Schlüsselwort in Zeile 4 gibt an, dass eine Anfrage Daten zurückliefern soll. Der WHERE-Block in Zeile 5 beinhaltet die Bedingung, in diesem Fall ein einfaches Pattern mit einer Variablen zu Beginn. Das Muster trifft auf alle Tripel des

RDF-Graphen zu, deren Prädikat `rdf:type` und deren Objekt gleichzeitig `citylang:City` lautet. Das Subjekt ist beliebig und daher als Variable `?city` geschrieben.

Es werden nun alle Statements der RDF-Datenbasis geprüft, und falls das Muster auf sie zutrifft, wird die Variable jeweils mit dem gesuchten Wert belegt [Vgl. HS13; Vgl. Heb+09, S. 196 ff.]. Im Beispiel werden Werte für das Subjekt des angegebenen Tripels gesucht und diese auch gleichzeitig als Resultat (siehe SELECT in Zeile 4) zurückgeliefert.

**Listing 4.4:** SELECT-Anfrage in SPARQL zum Städtebeispiel

```
1 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
3 PREFIX citylang: <http://citylanguage.example.org/>
4 SELECT ?city
5 WHERE { ?city rdf:type citylang:City }
```

Bezogen auf das Städtebeispiel zuvor ergeben sich für die Anfrage zwei Treffer, sofern die RDFS-Semantik bereits berücksichtigt ist: Kiel (`<http://de.dbpedia.org/resource/Kiel>`) und Wedel (`<http://de.dbpedia.org/resource/Wedel>`).

Ein Sonderfall ist die CONSTRUCT-Anfrage in SPARQL, wie in [HS13; AH11] ausgeführt wird. Demnach liefere sie, anders als SELECT, keine einzelnen Bestandteile bzw. Daten, sondern erzeuge einen neuen RDF-Graphen. Hierzu werde ein Tripel-Muster angegeben, das auch Variablen beinhalten könne. Es folge dann eine Ersetzung der Variablen durch konkrete Werte, welche wie zuvor im WHERE-Block ermittelt werden. Durch Belegung aller Variablen im Muster entstehe jeweils ein konkretes Statement, das in den Ergebnisgraphen eingefügt werde. [Siehe HS13; Vgl. AH11, S. 86-87] Auf dieser Basis können neue Informationen erzeugt oder bestehende Informationen in einen neuen Graphen transformiert werden [Siehe Heb+09, S. 196].

Es ist direkt nachvollziehbar, dass mit diesen CONSTRUCT-Anfragen auch die Funktionalität der Inferenzregeln im Speziellen oder Regeln im Allgemeinen abgebildet werden können [Siehe AH11, S. 88, 115-116].

Im Listing 4.5 wird ein einfaches Beispiel für eine CONSTRUCT-Anfrage dargestellt. Wesentliche Unterschiede zum vorherigen SELECT-Beispiel (Listing 4.4) sind die Verwendung des Schlüsselworts CONSTRUCT und die Angabe eines Tripel-Musters zur Erzeugung eines neuen RDF-Graphen. Es gilt weiterhin die Datenbasis des Städtebeispiels. Ziel ist allerdings nun die Erzeugung expliziter Statements, um Ressourcen vom Typ Landeshauptstadt (`citylang:StateCapital`) auch explizit als Ressourcen vom Typ Stadt (`citylang:City`) auszuweisen. Die Bedingung ist erneut im WHERE-Block in Zeile 5 angegeben. Das Ergebnispattern ist im CONSTRUCT-Block in Zeile 4 angegeben.

**Listing 4.5:** CONSTRUCT-Anfrage in SPARQL zum Städtebeispiel

```
1 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
3 PREFIX citylang: <http://citylanguage.example.org/>
4 CONSTRUCT { ?x rdf:type citylang:City }
5 WHERE { ?x rdf:type citylang:StateCapital }
```

In dem Beispiel trifft diese Bedingung auf genau ein bestehendes Tripel zu, nämlich `<http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> rdf:type citylang:StateCapital`. Von diesem Tripel wird mittels der angegebenen Variablen `?x` das Subjekt übernommen und in das Ergebnispattern eingefügt. Somit entsteht ein neuer Graph, bestehend aus dem Tripel `<http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> rdf:type citylang:City`. Im vorlie-

genden Beispiel besteht der Ergebnisgraph aus genau diesem einen Tripel. Es ist durchaus möglich, mehrere Tripel im Ergebnisgraphen einzufügen.

Der neu erzeugte Graph kann anschließend mit der bestehenden Datenbasis oder mit anderen Graphen zusammengefügt werden [Siehe Heb+09, S. 196].

SPARQL bietet somit flexible und ausdrucksstarke Möglichkeiten, um Informationen abzufragen oder neue Graphen zu erzeugen.

## 4.4 Vernetzung von Daten mittels der Technologien des Semantic Web

Im vorherigen Abschnitt 4.3 wurden die grundlegenden Technologien des Semantic Web eingeführt. Diese Technologien bilden das Rückgrat für verschiedene Anwendungsszenarien. Auch dieser Abschnitt greift auf diese Technologien zurück. Es wird zunächst aufgezeigt, wie Datenwerte repräsentiert werden können. Anschließend erfolgt eine Beschreibung, wie Ontologien und kontrollierte Vokabulare eine Strukturierung der Informationen ermöglichen können. Diese Ausführungen bilden zusammen die Basis für die Erläuterung, wie verschiedene RDF-Informationenbasen verbunden und integriert werden können.

### 4.4.1 Repräsentation von Datenwerten

Die RDF-Tripel bilden wie in Abschnitt 4.3.1 dargestellt, ein einfaches und flexibles Datenmodell. Als drittes Element des Tripels, dem Objekt, können auch Literale, also Datenwerte, verwendet werden.

Wie in [CWL14; Hit+08] ausgeführt, hat ein Literal stets einen Datentyp. Falls kein expliziter Datentyp angegeben werde, dann gelte der Datenwert als einfache Zeichenkette (String). Alternativ könne über einen individuellen oder standardisierten IRI ein expliziter Datentyp angegeben werden. Ein standardisierter IRI ermögliche es einer Anwendung, den Datenwert einheitlich und automatisiert zu interpretieren. Als standardisierte IRIs werden in der Regel die Datentypen aus XML Schema übernommen.[Siehe CWL14; Sowie ergänzend siehe Hit+08, S. 38-39, 50-54] Diese Datentypen sind in der W3C-Recommendation „XML Schema Definition Language (XSD)“ [Pet+12] beschrieben, wie z. B. der Datentyp „integer“ (<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>).

Zur Verdeutlichung wird das Städtebeispiel nochmals aufgegriffen. In Listing 4.6 werden verschiedene Statements für die Repräsentation einfacher Datenwerte ergänzt. Auf die erneute Darstellung der bisherigen Präfix-Definitionen und Statements wird aus Übersichtlichkeit verzichtet. In Zeile 1 ist neu der Präfix `xsd` eingeführt. In Zeile 3 wird der Klartextname (Prädikat mit dem reservierten IRI `rdfs:label` [Siehe BG14]) der Ressource Kiel (<http://de.dbpedia.org/resource/Kiel>) als impliziter String zugewiesen. In Zeile 4 hingegen wird das KFZ-Kennzeichen (eigenes Prädikat `citylang:vehicleRegistration`) als explizite Zeichenkette durch den Datentyp `http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string` definiert. Durch das eigene Prädikat `citylang:population` wird in Zeile 5 der Ressource eine Einwohnerzahl<sup>1</sup> zugeordnet, deren Datentyp eine Ganzzahl (`xsd:integer`) ist. Es fällt auf, dass auch hier eine verkürzte Schreibweise des IRI zulässig ist, wie in [Siehe CWL14; Siehe Pet+12] erläutert wird. Dieses wird auch in Zeile 6 angewendet, wo die Fläche des Stadtgebiets in Hektar<sup>2</sup> der Ressource als Gleitkommazahl (`xsd:double`) zugeordnet wird.

<sup>1</sup>Einwohnerzahl zum 31.12.2015 [Siehe Bür16, S. 15]

<sup>2</sup>Stadtgebietsfläche zum 31.12.2014 [Siehe Bür16, S. 17]

**Listing 4.6:** Fortführung Städtebeispiel: Ergänzung der Literale

```

1 @prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
2 # Bisherige Präfixe und Statements aus Gründen der Lesbarkeit ausgelassen
3 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> rdfs:label "Kiel" .
4 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> citylang:vehicleRegistration "KI"^^<http://www.w3.org
   /2001/XMLSchema#string> .
5 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> citylang:population "246269"^^xsd:integer .
6 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> citylang:area "11865.2"^^xsd:double .

```

Einer Ressource können auf diese Weise sehr flexibel Datenwerte zugeordnet werden. Die Datentypen geben an, wie die Werte zu interpretieren sind, etwa als Text oder Gleitkommazahl. Hierzu wird jedoch in [Heb+09] treffend darauf hingewiesen, dass neben dem reinen Datenwert auch die Einheit für eine korrekte Interpretation wichtig ist. Idealerweise solle die Einheit ebenfalls maschinenlesbar repräsentiert sein. Allerdings gebe es keinen standardisierten Weg, wie eine Einheit in RDF einem Datenwert angefügt werden könne. Es existieren hierfür verschiedene Möglichkeiten, jeweils mit Vorzügen und Nachteilen.[Siehe Heb+09, S. 483]

Im Städtebeispiel ist der Stadt Kiel sodann zwar eine Flächenangabe zugeordnet, aus der jedoch nicht direkt die Einheit hervorgeht. Diese wurde nur in der Erläuterung des Beispiels genannt. Eine explizit formulierte Festlegung in RDF ist daher erforderlich.

*Hitzler, Kröttsch, Rudolph* und *Sure* [Hit+08] verweisen auf ein Grundmerkmal von RDF, wonach ein Tripel nur eine Beziehung zwischen zwei Elementen zulässt, also genau einem Subjekt und einem Objekt. Allerdings weisen sie auch auf die konzeptionelle Möglichkeit hin, Beziehungen von einem Subjekt zu mehreren Objekten entsprechend abzubilden.[Siehe Hit+08, S. 55]

Dies ist zugleich eine der Optionen, auch als „value container“ [Heb+09, S. 485] bezeichnet, wie einer Ressource neben dem Datenwert und dem Datentyp auch die dazugehörige Einheit zugeordnet werden kann [Siehe Heb+09, S. 483-486]. Das Ziel ist dabei vereinfacht, verschiedene zusammengehörige Informationen gebündelt einem einzigen Subjekt zuzuweisen. Im Beispiel gehören die Gleitkommazahl 11865,2 sowie deren Einheit (Hektar) zusammen und sollen als solches Bündel der Ressource zugeordnet werden.

*Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] und *Hitzler, Kröttsch, Rudolph* und *Sure* [Hit+08] beschreiben jeweils diesen Ansatz sehr verständlich, sodass die folgenden Ausführungen zu diesem Konzept auf ihren Veröffentlichungen beruhen. Kern ist demnach die Einführung einer Indirektstufe zwischen Subjekt und Datenwert. Das Prädikat des ursprünglichen Tripels zeigt nun nicht mehr direkt auf ein Literal, sondern auf eine neue, zusätzlich erzeugte Ressource. Dieser neuen Ressource wird über je ein Prädikat eine Einheit sowie der eigentliche Datenwert zugewiesen. Im allgemeinen Fall ist die Anzahl nicht auf zwei Elemente beschränkt. Die Bezeichnung der Prädikate ist zudem beliebig. Hervorzuheben ist, dass es hierbei möglich ist, etwa für die Einheit eine dedizierte Ressource aus einem Vokabular vorzusehen. Damit können Schlussfolgerungen oder z. B. Umrechnungen auf Basis von Regeln durchgeführt werden.[Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 485-487; und siehe Hit+08, S. 55-56]

Wie etwa in [Siehe Hit+08, S. 56-57] zu dieser Konstellation ergänzt, könnte die zwischengeschaltete Ressource durch eine blank node (siehe Abschnitt 4.3.1) ersetzt werden, sodass kein künstlich erzeugter, global eindeutiger IRI einzuführen wäre.

Unabhängig von diesem Ansatz wird in der entsprechenden W3C-Recommendation [Siehe BG14] auf das Prädikat `rdf:value` hingewiesen. Es ist für die Zuordnung eines Wertes (Objekt) zu einem Subjekt gedacht, wobei keine formale Semantik damit verbunden ist und es zudem eher Vorschlagscharakter hat [Siehe BG14]. Hierzu wird in [Siehe Hit+08, S. 56] ergänzt, dass

es jedoch als Anhaltspunkt bei der maschinellen Verarbeitung genutzt werden kann, welches der zentrale Wert ist.

Übertragen auf das Städtebeispiel lässt sich damit die Angabe der Fläche konkretisieren. In Listing 4.7 wird der Ansatz des „value containers“ genutzt, um dem Datenwert eine Einheit danebenzustellen. Zur Demonstration einer Beziehung mit drei Werten sei noch ein Eintragungsdatum in Form eines Datums angefügt. Die Ressource der Indirektstufe wird in diesem Beispiel einem eigenen Namespace (Präfix `indirect`) zugeordnet, um den Unterschied besser deutlich zu machen. Für das Prädikat des Datenwerts sei der Vorschlag `rdf:value` übernommen. Für die Einheit wird ein Prädikat mit dem Namen `hasUnit` verwendet, wie es in [Siehe Heb+09, S. 486] vorgeschlagen wird. Für das Eintragungsdatum wird dasselbe Namensprinzip gewählt. Als Ressource für die Einheit wird auf das Konzept „Hektar“ des erwähnten DBpedia-Projekts zurückgegriffen. Wahlweise könnte an dieser Stelle auch auf andere Quellen bzw. Ontologien zurückgegriffen werden, z. B. „QUDT - Quantities, Units, Dimensions and Types“ [Siehe QUD17]. QUDT enthält unter anderem eine detaillierte Sammlung vieler Einheiten, ergänzt um weitere Informationen sowie Parameter für die Umrechnung zwischen verschiedenen Einheitenausprägungen innerhalb einer Kategorie (z. B. Umrechnung zwischen Kilogramm und Tonne als Einheiten für Masse) [Siehe Top11].

**Listing 4.7:** Fortführung Städtebeispiel: Ergänzung des Ansatzes „value container“

```

1 @prefix indirect: <http://indirect.example.org/> .
2 # Bisherige Präfixe und Statements aus Gründen der Lesbarkeit ausgelassen
3
4 indirect:kielArea rdf:value "11865.2"^^xsd:double .
5 indirect:kielArea indirect:hasUnit <http://de.dbpedia.org/resource/Hektar> .
6 indirect:kielArea indirect:recordDate "2014-12-31"^^xsd:date .
7 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> citylang:area indirect:kielArea .

```

Wie zuvor erwähnt, gibt es keinen standardisierten Ansatz für die Repräsentation der Werte und ihrer Einheiten. Die Art, wie solche Strukturen aufgebaut sind, kann dabei jedoch einen Einfluss auf deren Effizienz für das Reasoning und für die Durchführung von Anfragen haben [Vgl. BFa10, S. 143]. Durch ein bewusstes Gestalten könnte somit auf die Leistungsfähigkeit Einfluss genommen werden. Allerdings setzt dies eine genaue Kenntnis der Domäne im Vorhinein voraus. Sind Quellsysteme oder das verwendete Vokabular dagegen flexibel und nicht vollkommen bekannt, so ist eine Optimierung nicht immer möglich. In dem Sinne muss entschieden werden, in welchem Verhältnis Flexibilität und generische Repräsentation gegenüber der Performance stehen sollen.

#### 4.4.2 Ontologien im Kontext des Semantic Web

Bisher wurde erläutert, wie im Umfeld des Semantic Web Informationen maschinenlesbar repräsentiert werden können. In diesem Abschnitt wird der Blickwinkel verallgemeinert.

Ein wesentlicher Gegenstand dabei sind nach [Siehe BHL01] die Ontologien, welche eine Menge von Begriffen, Zusammenhängen und eventuell Inferenzregeln bündeln können. Die Zusammenfassung dieser Bestandteile ermöglicht es, das Wissen über einen bestimmten Anwendungsbereich formal und maschinenlesbar zu beschreiben [Übereinstimmend siehe Dec+00, S. 63; siehe MSS01, S. 393; siehe Hit+08, S. 11-12; siehe Heb+09, S. 99-100]. Außerdem ermöglicht eine Ontologie, das Wissen zu übertragen und somit durch andere Personen oder Anwendungen zu verwenden [Siehe Dec+00, S. 63]. Statements können diese Ontologie-Bestandteile nutzen, um Aussagen zu tätigen [Siehe Heb+09, S. 12].

Dabei besteht nach [AH11] im Semantic Web nicht die Annahme, dass sich auf eine oder zumindest sehr wenige Ontologien zwingend geeinigt werden müsste. Durch die Technologien des Semantic Web werde vielmehr sichergestellt, dass mit verschiedenen Ontologien umgegangen werde und ein Austausch stattfinden könne.[Siehe AH11, S. 9]

Aus diesem Grund nutzen Anwendungen im Umfeld des Semantic Web regelmäßig verschiedene Ontologien, die jeweils für einen bestimmten Anwendungsbereich erstellt wurden [Siehe Heb+09, S. 5-6].

In [Siehe Av08, S. 225 ff.] wird ein Vorgehen skizziert, wie eigene Ontologien schrittweise entwickelt werden können und dabei möglicherweise bestehende Ontologien verwendet werden können. Auch in [Siehe Stu11a, S. 155 ff.] wird auf die konsistente Entwicklung einer eigenen Ontologie ausführlich eingegangen und es werden neben einem Vorgehensansatz auch Ontologie-Editoren als Hilfsmittel vorgestellt. Zugleich bestehen aber auch Herausforderungen derart, dass sich Ontologien im Zeitverlauf verändern können, wodurch entsprechende Reaktionen erforderlich sind [Siehe Av08, S. 232].

Für die Beschreibung eigener Ontologien existieren verschiedene Technologien des Semantic Web. Mit *RDF Schema* (RDFS) wurde eine dieser Sprachen zur Ontologierstellung bereits vorgestellt.

Da RDFS nur grundlegende Konstrukte mit entsprechender Semantik zur Definition eines Vokabulars beinhaltet, ist die Ausdrucksmächtigkeit eingeschränkt [Siehe Hit+08, S. 67]. Somit eignet sich RDFS eher für einfache Ontologien [Siehe Hit+08, S. 67; Zustimmung siehe Av08, S. 86-87].

Daneben gibt es die Sprache „OWL 2 Web Ontology Language“ [Siehe W3C12], die auch auf den bestehenden Semantic-Web-Technologien aufbaut. OWL erlaubt es, Beziehungen zwischen Klassen oder Eigenschaften präziser zu spezifizieren, worauf Reasoner dann zurückgreifen können [Siehe Av08, S. 13]. Sie bietet somit umfangreichere Möglichkeiten, um Informationen auszudrücken, was sich jedoch negativ auf z. B. die Performance innerhalb der verarbeitenden Anwendungen und beim Reasoning auswirken kann [Vgl. Hit+08, S. 67-68]. Aus diesem Grund gibt es verschiedene Teilmengen der vollständigen OWL, um die Nachteile zu verringern, allerdings auf Kosten der Ausdrucksmächtigkeit [Vgl. Heb+09, S. 158 ff.]. Dies korrespondiert mit der bereits in Abschnitt 4.3.4 und im Rahmen des Ziehens von Schlussfolgerungen erwähnten Abwägung zwischen Ausdrucksstärke und Effizienz.

An dieser Stelle sei nicht näher auf die Sprache OWL eingegangen, da der Fokus im weiteren Verlauf auf RDFS liegt. Von einer übergreifenden Ebene betrachtet handelt es sich jedoch bei beiden Sprachen um Ontologiesprachen, die beide geeignet sind, Ontologien auszudrücken. Sie unterscheiden sich unter anderem in ihrer Komplexität und Ausdrucksmächtigkeit. Für den Fortgang der Arbeit reicht jedoch die Ausdrucksstärke von RDFS aus, ergänzt um weitere Beschreibungssprachen.

#### 4.4.3 Simple Knowledge Organization System (SKOS)

Der vorherige Abschnitt hat Ontologien als einen wesentlichen Baustein im Kontext des Semantic Web eingeführt. Mit dem „Simple Knowledge Organization System“ (SKOS)[MB09] hat sich zudem eine weitere Sprache etabliert, mit dem ebenfalls Begriffe eines Anwendungsbereiches repräsentiert werden können. Wobei SKOS keine formale Beschreibungssprache für Ontologien ist, sondern der Beschreibung und Strukturierung einer Menge von Elementen dient, auch Konzepte genannt [Siehe MB09]. Dazu bietet SKOS die Möglichkeit, mittels einfacher Elemente ein eigenes Vokabular semantisch präzise zu beschreiben [Siehe MP07, S. 69 ff.]. Zahl-

reiche Begriffssysteme von Bibliotheken oder internationalen Organisationen nutzen SKOS zur Repräsentation ihrer Vokabulare [Vgl. AH11, S. 217].

Für die SKOS-Beschreibung des Vokabulars wird die Triple-Form von RDF verwendet, sodass SKOS-Vokabulare ebenfalls maschinenlesbar sind und mit anderen RDF-Datenquellen zusammengeführt werden können [Siehe MB09; Siehe MP07, S. 70-71]. Hierzu ist auch für SKOS mit <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#> ein eigener Namespace definiert, der üblicherweise durch den Präfix `skos` repräsentiert wird [Siehe MB09].

Die Verwendung von SKOS wird in einer W3C-Recommendation [Siehe MB09] beschrieben. Zusätzlich existieren ausführliche Vorstellungen der Sprache etwa von *Miles* und *Pérez-Agüera* [MP07] und *Allemang* und *Hendler* [AH11]. Der folgende Absatz über den generellen Aufbau eines SKOS-Vokabulars beruht auf dem W3C-Dokument und den beiden genannten Quellen. Da SKOS für das Verständnis dieser Arbeit relevant ist, wird der Aufbau erläutert und nicht nur auf die Werke verwiesen. Dem Gedanken von RDF folgend sind auch in SKOS alle Konzepte über einen eindeutigen IRI identifizierbar und damit von anderen Konzepten oder Ressourcen referenzierbar. Konzepte werden dabei als Instanzen der speziellen Konzeptklasse `skos:Concept` definiert. Mehrere Konzepte können wiederum zu einem sogenannten Konzeptschema `skos:ConceptScheme` logisch zusammengefasst werden. Die Nutzung ist nicht formal geregelt und kann individuell bestimmt werden. Das Konzeptschema ist ebenfalls über einen IRI identifizierbar. Ein Konzept kann dabei mittels des Prädikats `skos:inScheme` einem Schema zugeordnet werden. Über das Prädikat `skos:hasTopConcept` (bzw. dem inversen Prädikat `skos:topConceptOf`) kann zudem ausgesagt werden, welche Konzepte in einer Hierarchie die obersten im Konzeptschema sind. Da in einem Begriffssystem die Bezeichnungen relevante Informationen darstellen, können den Konzepten verschiedene Bezeichnungen angefügt werden. Zusätzlich kann an den Bezeichnungen vermerkt werden, für welche Sprache diese gelten sollen. Pro Sprache kann zudem zwischen einem Hauptbezeichner (Prädikat `skos:prefLabel`) oder mehreren alternativen Bezeichnungen (Prädikat `skos:altLabel`) unterschieden werden. Damit können verschiedene Bezeichnungen für ein Konzept verwendet, danach gesucht oder dem Nutzer angezeigt werden. Die Bezeichnung ist dabei ein Text-Literal. SKOS bietet neben der Definition von Konzepten auch die Möglichkeit, über semantische Beziehungen Bezüge zwischen den Konzepten herzustellen. Die reservierten Prädikate erlauben hierarchische oder assoziative Bezüge. Bei den hierarchischen Bezügen kann für ein Konzept durch Prädikate ausgesagt werden, dass ein anderes Konzept umfangreicher (`skos:broader`) oder enger (`skos:narrower`) gefasst ist, als das Subjekt des Tripels. Besteht nur eine Verbindung ohne nähere semantische Aussage, so kann ein Bezug mittels eines assoziativen Prädikats (`skos:related`) hergestellt werden. Daneben existieren weitere Beziehungstypen.[Zu diesem Absatz insgesamt siehe MB09; siehe MP07, S. 71 ff.; und siehe AH11, S. 209-216]

Im Listing 4.8 ist ein einfaches Beispiel für ein SKOS-Vokabular dargestellt. Zur besseren Nachvollziehbarkeit, wird ein neues Präfix `countries` definiert, welcher von den neuen Konzepten und dem Konzeptschema verwendet wird. Im Beispiel werden zunächst das Konzept `countries:Nation` in Zeile 7 und das Konzeptschema `countries:CountriesSchema` in Zeile 8 definiert. In den Zeilen 9 und 10 wird durch Prädikate ausgedrückt, dass `countries:Nation` das oberste Konzept im Konzeptschema ist. In den Zeilen 12-16 werden das Konzept `countries:Deutschland` definiert und für Deutsch und Englisch jeweils Hauptbezeichnungen und alternative Bezeichnungen festgelegt. Die Sprachzuordnung erfolgt über die standardisierten Ergänzungen `@de` bzw. `@en`. In Zeile 17 wird durch `skos:broader` ausgesagt, dass `countries:Nation` weiter gefasst ist als `countries:Deutschland`. In Zeile 18 wird die inverse Bedeutung festgelegt. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde das zweite Konzept

countries:Schweiz nicht detailliert im Beispiel erfasst, dennoch wird angenommen, dass es im Vokabular existiere. Dann können mit den Zeilen 22 und 23 allgemeine Bezüge zwischen den Konzepten countries:Deutschland und countries:Schweiz ausgedrückt werden.

**Listing 4.8:** Beispiel eines SKOS-Vokabulars

```

1 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
2 @prefix skos: <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#> .
3 @prefix countries: <http://countries.example.org/> .
4
5 # Weitere Präfixe ...
6
7 countries:Nation rdf:type skos:Concept .
8 countries:CountriesSchema rdf:type skos:ConceptScheme .
9 countries:Nation skos:topConceptOf countries:CountriesSchema .
10 countries:CountriesSchema skos:hasTopConcept countries:Nation .
11
12 countries:Deutschland rdf:type skos:Concept .
13 countries:Deutschland skos:prefLabel "Deutschland"@de .
14 countries:Deutschland skos:altLabel "Bundesrepublik Deutschland"@de .
15 countries:Deutschland skos:prefLabel "Germany"@en .
16 countries:Deutschland skos:altLabel "Federal Republic of Germany"@en .
17 countries:Deutschland skos:broader countries:Nation .
18 countries:Nation skos:narrower countries:Deutschland .
19
20 # Definition von countries:Schweiz würde analog erfolgen, hier ausgelassen
21
22 countries:Deutschland skos:related countries:Schweiz .
23 countries:Schweiz skos:related countries:Deutschland .

```

Neben den zuvor genannten Beziehungen zwischen Konzepten eines Konzeptschemas existieren auch Beziehungen, um Mappings zwischen Konzepten verschiedener Konzeptschemas zu definieren [Siehe MB09]. Neben den ähnlich benannten Prädikaten `skos:broadMatch`, `skos:narrowMatch` und `skos:relatedMatch` gibt es unter anderem mit `skos:closeMatch` eine Beziehung für ähnliche Konzepte, die prinzipiell stellvertretend nutzbar sind [Siehe MB09; Vgl. AH11, S. 214]. Eine formale Semantik ist jedoch oft nicht hinterlegt [Vgl. AH11, S. 213-214].

Darüber hinaus weisen *Isaac* und *Summers* [IS09] explizit darauf hin, dass es kein dediziertes Prädikat für Verbindungen zwischen beliebigen anderen Nicht-SKOS-Ressourcen und SKOS-Konzepten gibt. Eine Empfehlung von ihnen ist daher die Nutzung des verbreiteten Vokabulars „Dublin Core“ [DCM12], gedacht zur Beschreibung von Dokumenten durch Metadaten. Ein mögliches Prädikat für die angedachte Verbindung sei `dct:subject`. [Siehe IS09]

Wobei `dct` das verbreitete Präfix für den längeren Namespace `http://purl.org/dc/terms/` ist [Siehe DCM12]. Da das Prädikat die zulässigen Ressourcen für die Tripel-Bestandteile Subjekt und Objekt nicht beschränkt [Siehe DCM12], kann das SKOS-Konzept als Subjekt und auch als Objekt genutzt werden. Eine beliebige Ressource kann somit auf ein SKOS-Konzept verweisen. Aber auch Prädikate aus anderen Vokabularen könnten bei Eignung verwendet werden, da es sich stets um RDF-Tripel handelt.

Der Auszug in Listing 4.9 zeigt die Verbindung des zuvor definierten SKOS-Vokabulars mit dem bereits eingeführten Städtebeispiel. In Zeile 11 wird eine entsprechende Verbindung mit dem Prädikat `dct:subject` zwischen der Ressource `http://de.dbpedia.org/resource/Kiel` und dem SKOS-Konzept `countries:Deutschland` hergestellt. Es sei angenommen, eine Stadt soll im Vokabular dem jeweiligen Land zugeordnet werden.

**Listing 4.9:** Verbindung des SKOS-Vokabulars mit dem Städtebeispiel

```

1 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
2 @prefix skos: <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#> .
3 @prefix countries: <http://countries.example.org/> .
4 @prefix citylang: <http://citylanguage.example.org/> .
5 @prefix dct: <http://purl.org/dc/terms/> .
6 # Weitere Präfixe ...
7
8 countries:Deutschland rdf:type skos:Concept .
9 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> a citylang:City .
10 # Weitere Statements siehe vorherige Listings, aus Gründen der Lesbarkeit hier weggelassen
11 <http://de.dbpedia.org/resource/Kiel> dct:subject countries:Deutschland.

```

Insgesamt betrachtet bietet SKOS vielfältige Möglichkeiten, um ein Vokabular zu beschreiben und die Informationen entsprechend auszudrücken. Durch RDF als Basis kann das Vokabular von einer entsprechenden Anwendung verarbeitet und zudem mit anderen RDF-Dokumenten zusammengefügt werden.

#### 4.4.4 Matching der Ontologien und der Daten

Bisher wurden die Ontologien weitgehend einzeln betrachtet und nicht in direkter Verbindung mit anderen Ontologien. Im Rahmen von SKOS wurde dann auf eine einfache Verbindung zwischen Ressourcen verschiedener Quellen hingewiesen. Ein Kernmerkmal des Semantic Web ist jedoch die Verknüpfung von verschiedenen Ontologien einerseits und konkreten Daten andererseits. Darum geht es in diesem Abschnitt.

Es besteht regelmäßig die Notwendigkeit mehrere Ontologien zu kombinieren, da sie jeweils verschiedene oder überlappende inhaltliche Aspekte von Anwendungsbereichen repräsentieren [Siehe EMS08, S. 177; Siehe Den12, S. 131-132]. Dabei können sie von verschiedenen Beteiligten aufgebaut worden sein, die ihre Ontologien bzw. Wissensbasen mit dem individuellen Verständnis sowie für eigene Ziele und Zwecke konzipiert haben [Vgl. ES13, S. 25]. Auch kann es verschiedene Abhängigkeiten und Schichtungen von Ontologien und teils komplexe Beziehungen geben [Vgl. Den12, S. 137]. Die Kombination von Ontologien wird in der Literatur oft auch als Integration, Alignment oder Mapping von Ontologien bezeichnet [Siehe Av08, S. 235]. Die Anzahl der verschiedenen, in Beziehung zu setzenden Elemente in den Wissensbasen beeinflusst dabei den Aufwand für die Zusammenführung dieser Quellen [Siehe Heb+09, S. 174].

*Euzenat, Mocan und Scharffe* [EMS08] grenzen in diesem Kontext die Begriffe *Matching*, *Alignment* und *Mapping* wie folgt voneinander ab. *Matching* beschreibe dabei den Vorgang, Beziehungen zwischen Elementen der beteiligten Ontologien zu erkennen. Ein *Alignment* sei das Ergebnis dieses Vorgangs und repräsentiere eine Menge von konkreten Verknüpfungen zwischen Elementen, den Mappings. [Siehe EMS08, S. 177-179] Die Unterscheidung erscheint zweckmäßig und dient der logischen Trennung, weshalb sie in der vorliegenden Arbeit übernommen wird. Das Ziel ist dabei erneut, mit der Herausforderung semantischer Heterogenität (siehe auch Abschnitt 4.1.1) umzugehen, die durch Zusammenführung verschiedener Quellen im Allgemein besteht [Siehe ES13, S. 23].

Die in Beziehung zu setzenden Elemente der Ontologien sind dabei auf allgemeiner Ebene die Konzepte (etwa die Klassen) und die Prädikate (Relationen) [Siehe Den12, S. 138]. Daneben ist allerdings auch relevant, wie die konkreten Instanzen der verknüpften Elemente verbunden oder transformiert werden können.

Mögliche Verbindungen zwischen Elementen können sich von einfachen Beziehungen, wie z. B. ein gleicher IRI oder Name, bis hin zu komplexen Beziehungen, wie z. B. auf Basis logischer Funktionen oder Transformationen, erstrecken [Vgl. EMS08, S. 179; Vgl. Heb+09, S. 174-175]. Weiter auszuführen wäre dabei jedoch, was unter Namensgleichheit zu verstehen ist, insbesondere vor dem Hintergrund leichter Abweichungen sowie der Verwendung von Synonymen oder verschiedener Sprachen. Eine Übersicht über verschiedene Vertreter einfacher Ähnlichkeitsmaße findet sich in [Siehe ES13, S. 85 ff.]. Komplexere Methoden sind in [Siehe ES13, S. 121 ff.] beschrieben.

Bei geringer Komplexität einer Beziehung reichen die reservierten Sprachkonstrukte von z. B. RDFS aus, wohingegen komplexere Zusammenhänge eventuell spezielle Inferenzregeln für Reasoner erforderlich machen [Siehe Heb+09, S. 174-175].

In [EMS08] werden zwei Zeitpunkte unterschieden, wann das Matching stattfinden kann. Falls die Ontologien bereits bei der Umsetzung einer Anwendung vollständig bekannt seien, dann könne die Erstellung der Verbindungen während der Entwicklung berücksichtigt werden. Anderenfalls müsse es die Anwendung ermöglichen, die Ontologien zur Laufzeit zu kombinieren.[Siehe EMS08, S. 177-178]

Gerade die Möglichkeit, zur Laufzeit Wissen dynamisch auszutauschen und zu kombinieren, wird in verschiedenen Nutzungsbereichen immer mehr gefordert. Das Semantic Web ermöglicht diese Art der Verarbeitung mit seinen Technologien. So ist es nicht ungewöhnlich, wenn sich während der Laufzeit einzelne Ontologien ändern oder neue hinzukommen, falls sich das Wissen weiterentwickelt hat [Bestätigend vgl. Den12, S. 131-132]. Es ist somit relevant, wie flexibel Anwendungen darauf reagieren können. Ebenso ist relevant, ob die Veränderungen durch eine Anpassung der Anwendung oder dynamisch während der Nutzung erfolgen können.

Das Matching von Ontologien ist eine eigene Forschungsdisziplin, in der sich verschiedene Ansätze entwickelt haben [Vgl. Av08, S. 235 ff.; Vgl. Den12, S. 137 ff.]. An dieser Stelle sei auf die umfangreiche Literatur verwiesen. So findet sich etwa in [Siehe ES13] eine ausführliche Betrachtung des Themenbereichs „Ontology Matching“.

Das Ziel der Forschung ist dabei eine stärkere Automatisierung, um den Aufwand manueller Interaktion beim Matching zu verringern [Siehe Heb+09, S. 363]. Wobei es, insbesondere beim Matching von komplexeren Ontologien, sinnvoll erscheint, eine Interaktion durch die Nutzer als Korrektiv und Kontrollinstanz vorzusehen [Siehe EMS08, S. 184].

Es ist festzuhalten, dass das Matching durch Techniken unterstützt werden kann. Denn speziell bei umfangreichen Ontologien kann das Matching komplex und aufwendig sein.

Die Auswahl eines geeigneten Algorithmus für das Matching kann für die Qualität des Ergebnisses relevant sein. Somit ist neben der Forschung an konkreten Matching-Algorithmen auch die Auswahl der Algorithmen Gegenstand der Forschung. Stellvertretend wird auf [Siehe MJE06] hingewiesen, wo auf Basis von charakterisierenden Eigenschaften Entscheidungen über den Einsatz von Algorithmen unterstützt werden. Mit der „Ontology Alignment Evaluation Initiative“ [Euz18] gibt es eine internationale Initiative, welche sich u. a. mit der Entwicklung, dem Test und dem Vergleich von Methoden für das Matching beschäftigt [Vgl. Euz18].

Für die konkrete Umsetzung und den Einsatz der Alignments gibt es wiederum verschiedene Techniken. Die nachfolgenden Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf den Erläuterungen in [EMS08] und stellen die wesentlichen Aspekte dar. Eine erste mögliche Technik ist das sogenannte „Query Rewriting“. Dabei wird eine Anfrage auf Basis einer Ontologie so transformiert, dass sie danach geeignet ist, eine zweite Ontologie abzufragen. Eine weitere Technik realisiert die Alignments dadurch, dass die Instanzen einer Ontologie in Instanzen der anderen Ontologie übersetzt werden, sodass diese durch die zweite Ontologie beschrieben sind. Eine

dritte verbreitete Technik ist das Zusammenführen mehrerer Quell-Ontologien in eine einzige Ziel-Ontologie. Bei Anwendung der Techniken können jedoch aufseiten der Instanzen möglicherweise Dubletten entstehen. Daher ist eine entsprechende Berücksichtigung vorzunehmen, etwa durch Vereinheitlichung. [Zu diesem Absatz siehe EMS08, S. 197-201]

In [Euz04] werden unter anderem eine Programmierschnittstelle und ein allgemeines Format eingeführt, mit denen solche Alignments hergeleitet, realisiert und ausgetauscht werden können. Aus einer allgemeinen Repräsentation von Alignments können dann später bei Bedarf die konkreten Verknüpfungen erstellt werden [Siehe ES13, S. 322].

Eine Möglichkeit wäre hierbei die Konstruktion von Beziehungen in RDFS. RDFS bietet hierfür mit dem bereits im Abschnitt 4.3.3 vorgestellten Prädikat `rdfs:subClassOf` eine einfache Möglichkeit, eine Klasse aus der einen Ontologie als Unterklasse einer Klasse aus einer anderen Ontologie zu definieren. Diese Beziehungen sind somit nicht nur innerhalb einer Ontologie, sondern auch über Ontologie-Grenzen hinaus möglich. Der Vorteil bei der Nutzung der vorhandenen Relationen ist die Anwendbarkeit des Reasonings (siehe Abschnitt 4.3.4), wodurch entsprechende Schlussfolgerungen zusätzlich abgeleitet werden können.

Die Ontologie-Sprache OWL hat darüber hinaus weitergehende Möglichkeiten Relationen zwischen Elementen der Ontologien herzustellen [Vgl. Den12, S. 140]. Zudem können in OWL, anders als in RDFS, neben Verbindungen auf der Konzeptebene, mittels reservierten Prädikaten auch Verbindungen zwischen Instanzen hergestellt werden [Vgl. HJS11, S. 64; Vgl. Den12, S. 140]. Zu beachten gilt jedoch auch an dieser Stelle, der in Abschnitt 4.3.4 geäußerte Hinweis zum Kompromiss zwischen Ausdrucksstärke einer Sprache und den Auswirkungen auf die Performance beim Reasoning.

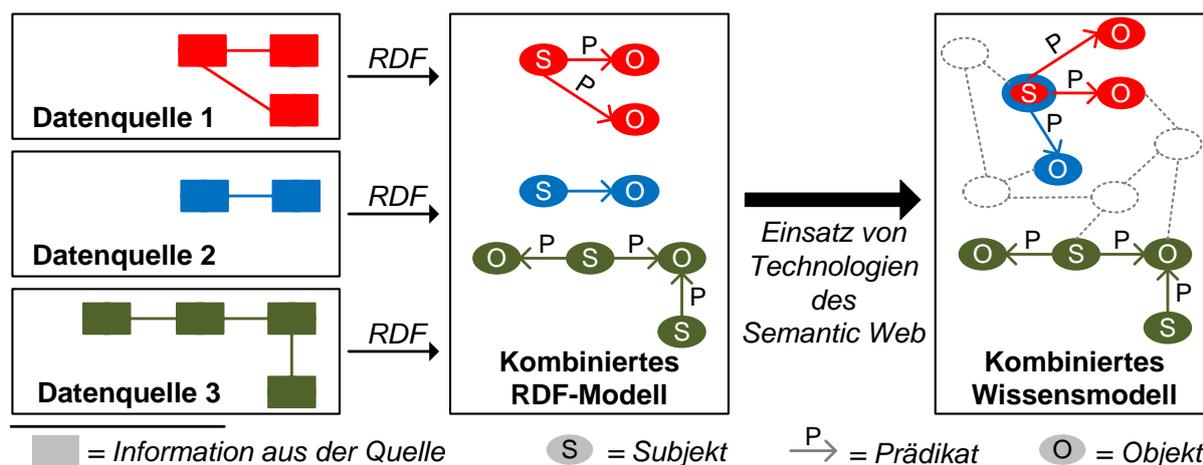
Demgegenüber skizzieren *Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] eine entsprechende Berücksichtigung, wenn reservierte Prädikate nicht vorliegen oder nicht verwendet werden sollen. So könne auf individuelle Relationen zurückgegriffen werden, um Instanzen zu verknüpfen. Beim Reasoning oder bei Abfragen sei es dann erforderlich, diese individuellen Relationen gesondert zu berücksichtigen, da schließlich keine allgemeingültige Semantik vorliege. [Siehe Heb+09, S. 387-388] Das erhöht aber zugleich die Flexibilität, da individuell das gewünschte Verhalten festgelegt werden könne. Über diese Variante ist es somit insgesamt möglich, auch in RDFS vergleichbare Beziehungen auf Instanzebene zu definieren.

#### 4.4.5 Integration von Datenquellen

Die bisherigen Abschnitte haben die Grundlagen erläutert, die eine Integration unterschiedlicher Datenquellen mittels Technologien des Semantic Web unterstützen. In diesem Abschnitt wird nun konzeptionell auf das Vorgehen zur Integration eingegangen.

Die Motivation hinter der Integrationsaufgabe beschreibt *Isele* [Ise14] sehr passend und prägnant: „Das Ziel der Datenintegration ist das Herbeiführen einer konsistenten Sicht auf heterogene Daten, indem Daten gleichartig strukturiert und verwandte Ressourcen sinnvoll verknüpft werden.“ [Ise14, S. 103] Es wurde bereits erwähnt, dass die Quellen oftmals unterschiedliche Ontologien und Begriffsverständnisse verwenden, sodass diese Quellen in der Tat sehr heterogen sein können. Dies trifft auch auf die Instanzebene zu, wo es zusätzlich um relevante Beziehungen zwischen diesen Instanzen geht.

Wie bei *Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] entnommen werden kann, ist Integration als Ganzes in der Praxis ein komplexes Vorhaben mit vielfältigen Besonderheiten. In diesem Absatz wird auf diese Ausführungen Bezug genommen. Schließlich geht es nicht nur um den reinen Datenaustausch, sondern insbesondere um den Umgang mit Inkompatibilitäten der



**Abbildung 4.3:** Nutzung von RDF und Technologien des Semantic Web zur Integration von Informationen in einem kombinierten Wissensmodell (Quelle: In Anlehnung an [Heb+09, S. 304])

Daten aus den verschiedenen Quellen. So können in den Quellen unterschiedliche Granularitäten oder Strukturen gegeben sein, die für sich jeweils alleine betrachtet korrekt und angemessen sind. Ein Zusammenfügen könnte jedoch schwierig sein, falls die Daten nicht passend zueinander sind. Ohne die Technologien des Semantic Web wäre es in der Regel notwendig, aufwendig Programmcode zur Behebung zu erstellen. Mit diesen Technologien und der ausgedrückten Semantik würde hingegen der Vorteil bestehen, unter anderem Inkonsistenzen und andere Konflikte zu berücksichtigen oder Konzepte bzw. Ressourcen zu verknüpfen. [Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 16-17]

Die verschiedenen Bausteine des Semantic Web bieten hierzu entsprechende Voraussetzungen, um die allgemeinen Herausforderungen der Integration effizient und auf standardisiertem Wege zu lösen. Dies gilt sowohl für die Repräsentation von Daten und ihrer Bedeutung als auch für die explizite Abbildung von Beziehungen bzw. Mappings.

Isele [Siehe Ise14] skizziert die drei folgenden groben Teilschritte der Integration, die auch in [Vgl. Heb+09, S. 301 ff.] ähnlich vorgesehen sind. Die Teilschritte, an die sich dieser Abschnitt fortan anlehnt, sind:

- Umwandlung der Quelldaten in ein einheitliches Schema
- Verknüpfung zusammengehöriger Ressourcen
- Zusammenfügen der Quelldaten und Vereinheitlichung gleicher Ressourcen

Dieses Vorgehen ist auch schematisch in Abbildung 4.3 dargestellt. Ausgehend von den Datenquellen erfolgt zunächst das Zusammenführen mittels RDF in einem Datenmodell und anschließend das Verknüpfen in einem Wissensmodell [Vgl. Heb+09, S. 303-304].

Es ist nachvollziehbar, dass erst geeignete Datenquellen identifiziert werden müssen [Vgl. Wac+01, S. 108]. Mit der Absicht, einen vorab zu ermittelnden Informationsbedarf zu decken oder ein bestimmtes Informationsangebot durch Verbindung der unterschiedlichen Informationsquellen herzustellen [Siehe Krc15, S. 5, 121 ff.]. Ebenso ist es eine Grundvoraussetzung die technischen Möglichkeiten für den Datenzugriff zu schaffen [Vgl. Wac+01, S. 108].

Der erste Schritt zielt zunächst nur auf die Umwandlung der Quelldaten in ein einheitliches Datenschema ab, sodass die Daten am Ende eventuell noch durch verschiedene Vokabulare beschrieben und losgelöst voneinander sein könnten [Siehe Heb+09, S. 301-304, 361 ff.]. Folglich

ist für die nächsten Schritte nur noch die Berücksichtigung einer einzelnen Datenstruktur erforderlich und keine verschiedenen Strukturen bzw. Sprachen pro Quelle [Vgl. AH11, S. 58-59].

Bezüglich RDF als Datenmodell des Semantic Web wurde bereits im Abschnitt 4.3.2 auf dessen flexible Beschreibung von Informationen in Form von Tripeln eingegangen. Auch Datenwerte können mittels RDF-Strukturen abgebildet werden (siehe Abschnitt 4.4.1). RDF ist damit als Basis sehr gut geeignet, um die vielfältigen Quellen (z. B. Tabellenkalkulation, Datenbank-Tabellen oder XML) in einer einheitlichen Struktur aufzunehmen [Vgl. Heb+09, S. 302 ff.; Siehe AH11, S. 58-59]. Auch in z. B. [Vgl. HJS11, S. 59-60; Vgl. Blu14, S. 7] wird die Eignung von RDF für diesen Einsatzzweck bestätigt.

RDF bietet damit die notwendige Flexibilität, die verschiedenen Arten von Quelldaten in einer standardisierten Datenstruktur abzubilden und somit zu kombinieren. Ein schrittweises Vorgehen zur Abbildung von tabellarischen Daten in RDF liefert etwa [Siehe AH11, S. 40 ff.]. Im wissenschaftlichen Umfeld ist zudem z. B. mit „RDF123“ [Siehe Han+07] eine Implementierung für Daten aus einer Tabellenkalkulation entstanden, in der Mappings für die Transformation von Zeilen und Spalten in einen RDF-Graphen definiert und ausgeführt werden können. In [Vgl. APU14, S. 95 ff.] wird des Weiteren die Möglichkeit skizziert, existierende relationale Datenbanken in RDF zu transformieren, um sie auf diese Weise für die Technologien des Semantic Web zugreifbar zu machen. Eine umfangreiche Auflistung verschiedener Werkzeuge für die Überführung bestehender Daten nach RDF findet sich indes unter [Vgl. Leb17]. Es ist festzuhalten, dass sich die Herangehensweise und Art, wie die Daten automatisch oder halb-automatisch übertragen werden, teilweise unterscheidet. Es ist zudem zu beobachten, dass neue Werkzeuge hinzukommen, die Verbesserungen bei der Bedienung oder Umwandlung bieten.

Nach der Umwandlung in RDF werden nun dem zweiten Schritt folgend, Mappings zwischen Ressourcen bzw. Relationen hergestellt, wie dies im Abschnitt 4.4.4 bereits aufgezeigt wurde. Die verwendeten Sprachen bieten dazu jeweils unterschiedlich mächtige Möglichkeiten.

Es wird dabei auch auf Ebene der Instanzen versucht, gleiche Objekte zu erkennen und zu vereinen oder zumindest entsprechend zu verknüpfen [Siehe Ise14, S. 104 ff.]. Die Herausforderung besteht also darin, gleiche Instanzen zu erkennen, wobei sich Gleichheit auf den IRI oder charakterisierende Eigenschaften und Identitätsmerkmale beziehen kann [Vgl. Heb+09, S. 385-388]. Für das Erkennen von Gleichheits- oder Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den Ressourcen unterschiedlicher Quellen können darüber hinaus die im vorherigen Abschnitt 4.4.4 skizzierten Verfahren eingesetzt werden.

Schließlich wird auch der dritte Schritt, das Zusammenführen und Vereinheitlichen, von RDF vereinfacht. Wie erläutert liegt in RDF das Wissen in Form von Tripeln vor. Zudem sind die Tripel-Bestandteile durch (global) eindeutige IRIs beschrieben. Aus diesen Gründen heben [Siehe Heb+09, S. 72; Siehe AH11, S. 32-33] gleichermaßen hervor, dass das Zusammenführen der Wissensquellen ohne signifikanten Aufwand möglich ist und schlicht durch Vereinigung aller Tripel erfolgen kann. Die globale Eindeutigkeit der IRIs stellt hierbei sicher, dass beim Zusammenführen keine Transformationen der Identifier, hier der IRIs, stattfinden müssen und zugleich Ressourcen mit identischem IRI zusammengelegt werden [Siehe Heb+09, S. 72-74; Siehe AH11, S. 32-35]. Auftretende Integrationsprobleme hinsichtlich einzelner Ressourcen oder Konzepte sind, falls notwendig, zu berücksichtigen [Vgl. Ise14, S. 104].

Der zusammengeführte Graph kann danach einer Anwendung als neue Wissensbasis dienen, sodass kein Rückgriff auf die Einzelgraphen mehr notwendig ist [Siehe AH11, S. 58].

Bis hierhin wurde die Datenintegration aus einer eher klassischen Sicht gesehen, indem die Quelldaten gesamtheitlich und vorab in RDF transformiert wurden. Somit kann das Reasoning vorab erfolgen, sodass bei einer konkreten Anfrage die zusammengeführten Daten bereits alle

vorliegen [Siehe HJS11, S. 53]. Zudem können bei diesem Vorgehen unter anderem optimierte Speicher- und Zugriffsmöglichkeiten für den vorliegenden RDF-Graphen genutzt werden [Vgl. APU14, S. 96].

Eine kritische Betrachtung des Vorgehens erfolgt bei *Harth, Janik und Staab* [HJS11], auf die dieser Absatz beruht. Da beim Schlussfolgern mitunter recht viele Ableitungen durchgeführt werden, kann es effizient sein, wenn alle benötigten Daten bei einer Anfrage bereits vorermittelt in einem Graphen vorliegen. Die Anfragen werden durch das Vorhalten der Daten vereinfacht und beschleunigt. Andererseits sind die Daten unter Umständen weniger aktuell und es müssen vorsorglich viele Daten gespeichert werden, auch wenn diese (noch) von keiner konkreten Anfrage benötigt werden. Auch geht die Kontrolle über die Daten von den Verantwortlichen der Einzelquellen auf die Verantwortlichen des Gesamtgraphen über.[Zu diesem Absatz siehe HJS11, S. 53] Zu ergänzen ist, dass die Erstellung zu beliebiger Zeit vorgenommen werden kann, z.B. wenn keine Anfragen erfolgen oder Systemkapazitäten frei sind. Zudem entfallen bei diesem Verfahren die häufigen Zugriffe auf einzelne Quellen und viele (wiederholte) Umwandlungen.

Alternativ kann auch ein direkter Zugriff auf die Quellen bei einer Anfrage erfolgen [Vgl. HJS11, S. 53]. Dafür müssen jedoch die SPARQL-Anfragen im Hintergrund z. B. in SQL-Datenbankabfragen transformiert und an die originären Quellen gestellt werden sowie die Ergebnisse bei der Rückgabe in Tripel-Form gewandelt und übertragen werden [Siehe APU14, S. 96]. Eventuell ist es dabei notwendig, die Anfrage auf verschiedene Quellen zu verteilen und somit die Ergebnisse nach Empfang wieder zu konsolidieren [Siehe HJS11, S. 53].

Auch für dieses Vorgehen beinhaltet [HJS11] eine kritische Betrachtung, die Grundlage für diesen Absatz ist. Vorteilhaft kann eine möglicherweise höhere Aktualität der Daten sein, da die Quellen direkt abgefragt werden und keine Zusammenführungen oder Umwandlungen zu einem früheren Zeitpunkt in der Vergangenheit erfolgen. Außerdem ist weniger Aufwand für die Vorverarbeitung erforderlich und es entfällt die Ablage des Gesamtgraphen. Aber die Anfragen können hierbei eventuell länger dauern und hängen vom Zugriff auf die Quellen und somit von anderen Systemen ab. Falls keine Zwischenspeicherungen möglich sind, erfolgen zudem oftmals redundante Arbeiten bei gleichen oder ähnlichen Anfragen.[Zu diesem Absatz siehe HJS11, S. 53]

Beide Zugriffsweisen, das vorherige Umwandeln oder der direkte Zugriff durch Anfrage-Übersetzung, sind zulässig und möglich. Es hängt von den konkreten Anforderungen ab, welches Szenario gewählt werden sollte [Zustimmend siehe HJS11, S. 53]. Eventuell ist auch eine Mischform sinnvoll, bei der statische Quellen vollständig umgewandelt werden und andere Quellen, mit kurzen Änderungszyklen, direkt zugegriffen werden.

Neben den bereits genannten Lösungen für die Umwandlung von Daten nach RDF gibt es ebenfalls Lösungen, die sowohl die Daten in RDF transformieren können als auch direkt zugreifbar machen können. Einen erprobten Ansatz bietet etwa das aus der Wissenschaft stammende Projekt „D2RQ“ [Siehe BS04]. Es kann auf Basis definierter Mappings eine bestehende, relationale Datenbank entweder nach RDF transformieren oder den Inhalt direkt via SPARQL zugreifbar machen [Siehe D2R15].

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Technologien des Semantic Web die Integration von Datenquellen und ihrer Daten unterstützen und dabei vielfältige Vorteile gegenüber traditionellen Ansätzen bieten. Auch deshalb, weil diese Technologien für diese Szenarien genau vorgesehen und daher gut geeignet sind. Ein weiterer Grund ist das Vorliegen standardisierter Sprachen und Lösungen für diese Szenarien. Zugleich bieten die Technologien genügend Flexibilität, um mit verschiedenartigen Daten und Zugriffsweisen umzugehen.



## **Teil II**

# **Vernetzung und Analyse**



## 5 Vernetzung von isolierten Teilarchitekturen

*Im ersten Teil der Arbeit wurden die notwendigen Grundlagen im Kontext des EAM und des Semantic Web erläutert. Beim Aufbau einer EA ist die Vernetzung essenziell, womit sich dieses Kapitel beschäftigt.*

*Das Kapitel erläutert zunächst die Ausgangssituation und die Erstellung einer EA aus Teilarchitekturen. Danach werden Merkmale als Leitlinien für die Vernetzung und Analyse einer EA sowie der Einsatz von Technologien des Semantic Web in der Praxis betrachtet. Dies geht in eine kritische Würdigung dieser Technologien für die angestrebte EA-Nutzung ein. Aus der Betrachtung bestehender Vernetzungsansätze resultiert dann die Entwicklung eines neuen Ansatzes, der die angestrebte Integration der Teilmodelle ermöglicht. Dies erfolgt zunächst überblicksartig, bevor die letzten beiden Abschnitte den Ansatz im Detail vorstellen.*

---

5.1	Ausgangssituation sowie Potenziale der Nutzung und Analyse einer EA . . . . .	83
5.2	Isolierte Teilarchitekturen als Basis einer EA . . . . .	85
5.3	Merkmale einer Vernetzung und Analyse von EA-Modellen . . . . .	91
5.4	Relevanz der Technologien des Semantic Web für den Einsatz in einem Unternehmen . . . . .	94
5.5	Kritische Würdigung der Eignung von Semantic-Web-Technologien für eine EA . . . . .	95
5.6	Übersicht über EA-Vernetzungsansätze mit Fokus auf das Semantic Web . . . . .	98
5.7	Vernetzungskonzept auf Basis der Technologien des Semantic Web in der Übersicht . . . . .	103
5.8	Überbrücken der isolierten Teilarchitekturen . . . . .	109
5.9	Vernetzung und Zusammenführung der Informationen in einer integrierten Datenbasis . . . . .	119

---

### 5.1 Ausgangssituation sowie Potenziale der Nutzung und Analyse einer EA

Im Kapitel 2 wurde zunächst auf die Merkmale, Inhalte und Einsatzmöglichkeiten einer Enterprise Architecture (EA) im Allgemeinen eingegangen. Speziell in Abschnitt 2.1.2.4 wurde dabei das EA-Verständnis für diese Arbeit zusammengefasst. Im Kern ist dabei das Verständnis durch die ganzheitliche Betrachtung der detaillierten Informationen innerhalb eines Unternehmens mit dem Ziel der übergreifenden Nutzung geprägt.

Ebenfalls wurde in dem Kapitel hervorgehoben, dass es in den einzelnen Unternehmensbereichen bereits verschiedene, sehr detaillierte Teilmodelle und -architekturen geben kann. Die EA wird hingegen in der Regel nur als aggregierte Sicht darauf gesehen und beinhaltet demnach nur abstrahierte Informationen (siehe Abschnitte 2.1.2.3 und 2.1.4.1). In dem Fall weisen die Daten in der EA nur einen geringen Detailgrad auf. Anschließend wurde im Kapitel 3 auf unterschiedliche Klassen von EA-Analysen und bestehende Analyseverfahren eingegangen. Dabei sind solche Analysen stärker verbreitet, welche die EA selbst analysieren. Im Gegensatz dazu sind Verfahren, welche die Informationen in der EA als Ausgangspunkt für weitergehende Aussagen verwenden, weniger verbreitet. Speziell wurde auch betrachtet, dass die Erkennung des Bedarfs an Handlungen, z. B. von Optimierungspotenzialen, häufig isoliert aus Sicht einer einzelnen Domäne erfolgt.

Abschnitt 2.2.1 führte des Weiteren zu der Einschätzung, dass das EAM zwar anerkannt ist, aber zugleich noch keinen hohen Reifegrad besitzt. Vielmehr ist weitere Entwicklungsarbeit in

den Bereichen EA und EAM erforderlich. In der Praxis werden EA-Ansätze zwar eingesetzt, aber die Initiativen nutzen oftmals nur Teilaspekte des möglichen „EAM-Werkzeugkastens“. Es dominieren Methoden zur Dokumentation und Planung, darauf aufsetzende Aspekte wie Analysen werden seltener eingesetzt. Zugleich erfordern sie oft noch ein hohes Maß an manuellem Aufwand oder sind sehr fokussiert auf eine einzelne Sicht, wie z. B. die IT.

Ausgehend von dieser Situation deuten sich, insbesondere bei den Analyseaspekten, Entwicklungspotenziale an. Speziell auch unter Berücksichtigung eines höheren Detailgrads der berücksichtigten Informationen, um aussagekräftigere Auswertungen zu ermöglichen. Vor allem, weil in den Unternehmen in der Regel detailliertere Daten existieren, wenngleich diese nur isoliert je Domäne bestehen. Notwendig sind daher effizientere Verfahren zur Vernetzung, die auch mit lose integrierten Datenbeständen arbeiten können, aber dennoch ganzheitliche Aussagen treffen können. Außerdem muss eine Flexibilität gewährleistet sein, da EA-Metamodelle wie erläutert in den Unternehmen recht unterschiedlich ausgeprägt sind (siehe Abschnitt 2.1.1) und sich zugleich auch innerhalb eines Unternehmens stetig weiterentwickeln können.

In diesem Abschnitt soll daher auf die Ausgangssituation und die Herausforderungen von EAM in der Praxis eingegangen werden, mit Fokus auf die Nutzung einer EA zur Analyse.

So wird auch in [Siehe BMS10, S. 395] darauf hingewiesen, dass jeder Einsatz von EAM in einem Unternehmen sehr individuell erfolgen muss und die organisatorischen Rahmenbedingungen sowie die zu beantwortenden EAM-Fragestellungen berücksichtigt werden müssen.

Zugleich bestätigen *Winter, Legner* und *Fischbach* [WLF14] den Übergang in der EAM-Betrachtung von der rein technischen Sicht (z. B. Modellierung im Fokus) hin zu einer stärkeren Nutzung der EA für das Management und zur Weiterentwicklung. Etwas spezifischer benennen sie die Unterstützung bei der Entscheidungsfindung als einen der innovativen Zukunftsaspekte im EAM-Umfeld. Dies solle aber auf Grundlage leichtgewichtige Ansätze erfolgen, um die Bearbeitung relevanter Fragestellungen schnell unterstützen zu können. [Zu diesem Absatz siehe WLF14, S. 2-4]

Die Leichtgewichtigkeit kann auch auf die Einführung der EA bzw. des EAM bezogen werden. So erfolgt die EAM-Einführung in der Praxis im Rahmen expliziter Programme, die bis zur Etablierung des EAM und dem Übergang in den Betrieb mehrere Jahre andauern können [Vgl. Bar10a, S. 49 ff.]. Daraus lässt sich die Notwendigkeit ableiten, bereits frühzeitig Nutzen für das Unternehmen durch eine EA zu stiften, auch ohne die komplett abgeschlossene Einführung des EAM und eventuell mit noch nicht vollständig detailliert vorliegenden Teilarchitekturen.

Auf den Integrationscharakter des EAM wird in [EW08] explizit hingewiesen. Sowohl auf Ebene der bestehenden Modelle als auch auf der Tätigkeitsebene der Beteiligten sei eine Integration erforderlich. Dieses technisch zu ermöglichen stelle hierbei eine Herausforderung dar. [Siehe EW08, S. 17] Es betrifft also wiederum die Nutzung der EA und die explizite Berücksichtigung, dass es ein Zusammenspiel unterschiedlicher Modelle gibt, die in den Domänen teilweise mit größerem Detailgrad bereits vorliegen (vgl. auch Abschnitt 2.1.2).

Übereinstimmend hiermit wird auch in [Siehe San+16, S. 228] der Bedarf an leichtgewichtigen Ansätzen benannt, welche auf einfache Weise einem breiten Personenkreis die Arbeit mit einer EA ermöglicht und bei den individuellen Tätigkeiten passend unterstützt.

Nicht zuletzt durch gesetzliche Vorgaben und Regulierungen, vor allem im Finanzsektor bei Banken und Versicherungen, besteht neben der Dokumentationsfunktion einer EA oftmals auch verpflichtender Bedarf für Analysen eben dieser. Die Nutzung der EA im Rahmen von Analysetätigkeiten ist nach [Vgl. Sim13, S. 27 ff.] hingegen vergleichsweise gering innerhalb der Forschung repräsentiert. Bezüglich Analysemethoden besteht somit seitens der Forschung entsprechender Bedarf, um der Praxis geeignete Methoden anzubieten [Vgl. ARW08, S. 300]. Eine

stärkere Auseinandersetzung mit EA-Analysen auf Basis von Kennzahlen auch zur quantitativen Beantwortung von Frage- und Problemstellungen wird für Forschung und Praxis als bedeutend angesehen [Siehe BMS10, S. 392-393, 404-407]. Verbunden mit einer stärker übergreifenden Sichtweise, im Gegensatz zu einer auf die Auswertung eines einzelnen Bereiches fokussierten Sichtweise, wie den Geschäfts- oder den IT-Bereich [Siehe BMS10, S. 392].

Ziel ist analog zur Grundidee einer EA, auch bei den Analysen eine übergreifende Sicht bzw. Herangehensweise zu etablieren. Die bisher eventuell nicht verbundenen Informationen der unterschiedlichen Bereiche sollten dazu verzahnt werden. Es ist zu erwarten, dass sich auch die durch Analysen adressierten Fragestellungen mit der Zeit und steigender Reife von EAM im Unternehmen wandeln und erweitern werden.

In Kombination mit der frühzeitigen Nutzenstiftung bedeutet dies, dass die Analysen auch bereits mit weniger detaillierten Informationen durchzuführen sein sollten, ohne dass viele Inhalte schon erhoben worden sind. Auf der Oberebene könnte mit einem vereinfachten Metamodell begonnen werden. So ließen sich bereits erste Ergebnisse bzw. Erkenntnisse präsentieren. Entsprechend muss ein solcher Ansatz erweiterbar sein, im Sinne einer Vergrößerung der Informationsbasis einerseits und veränderten Anfrageanforderungen andererseits. Denn die inhaltliche Ausgestaltung der Modelle hängt, wie etwa in Abschnitt 2.1.2.2 erläutert wurde, von den individuellen Fragestellungen des Unternehmens ab. Zumal in Unternehmen nicht das eine, allumfassende EAM-Werkzeug in der Regel im Einsatz ist, sondern die (detaillierten) Informationen dezentral in mehreren Systemen vorliegen.

Wie in Abschnitt 2.1.4.1 erläutert, gibt es in Unternehmen oftmals verschiedene Anwendungen und Datenbanken, in welchen jeweils für einzelne Bereiche die detaillierten Teilmodelle abgelegt und dokumentiert sind. Die dahinter liegenden Metamodelle sind nicht selten unabhängig voneinander entstanden und demnach kaum aufeinander abgestimmt. Zur Durchführung detaillierter Analysen aus ganzheitlicher Sicht wäre es daher notwendig, die bestehenden Teilmodelle zu einer übergreifenden Datenbasis zusammenzuführen. Was jedoch gemäß dem verbreiteten EA-Verständnis nicht im Fokus einer klassischen EA und folglich der technischen Unterstützung durch Werkzeuge steht.

## **5.2 Isolierte Teilarchitekturen als Basis einer EA**

### **5.2.1 Herausforderungen bei der Erstellung einer EA**

Im vorangegangenen Abschnitt wurde auf die vorherrschende Ausgangssituation im Kontext des EAM eingegangen. Aus den meist detailliert vorliegenden Teilarchitekturen der Domänen ergibt sich eine EA in Form einer aggregierten Sichtweise auf die verschiedenen Aspekte des Unternehmens. In diesem Abschnitt soll auf wesentliche Herausforderungen eingegangen werden, die bei der Erstellung einer EA regelmäßig bestehen.

Die Existenz einzelner, detaillierter Modelle einerseits und einer gesonderten, abstrahierten EA andererseits begründet bereits eine zentrale Herausforderung. Die EA löst keine anderen Modelle ab, sodass fortan die Teilmodelle und die EA abzustimmen sowie in Beziehung zu setzen sind [Vgl. Lan13, S. 119]. Gleichfalls ist die Verbindung der Teilmodelle nicht trivial, da sich die Modelle oftmals unabhängig entwickelt und etabliert haben sowie meist einem eigenen Verständnis folgen [Siehe Lan13, S. 46]. Da in den Teilmodellen die Realität der Domänen abgebildet ist, können sich diese Modelle im Laufe der Zeit stark verändern. Die EA als ganzheitliche Sicht auf das Unternehmen muss folglich diese Veränderungen geeignet berücksichtigen. Wie in [Siehe SWS13, S. 15] zu den Veränderungen ergänzend entnommen werden

kann, unterscheiden sich die Domänen auch bezüglich der Zyklen und Geschwindigkeiten, in denen sie Veränderungen durchführen. Dieses wird auch in [Siehe KVK11, S. 228-229] aus Sicht der Praxis bestätigt und die unterschiedlichen Personalverfügbarkeiten in den entsprechenden Bereichen als einen weiteren Grund genannt. Es lässt sich somit ableiten, dass die Domänen möglicherweise nicht in jedem Zeitpunkt synchron sein werden. Auch das hat Auswirkungen auf eine Zusammenführung in der EA.

Die Erstellung einer EA ist damit ein sehr relevanter Aspekt. In einer internationalen Befragung von *Roth, Hauder, Farwick, Breu* und *Matthes* [Rot+13a] unter 140 Praktikern wurden unter anderem die damit verbundenen Herausforderungen untersucht. Dieser Absatz beruht auf den präsentierten Studienergebnissen. Laut Studie berichten mehr als 90 % der Teilnehmer von einer oder mehreren Herausforderungen bei der Arbeit mit ihrer EA. Die Daten der Teilmodelle liegen oftmals in Datensilos vor, zugleich fehlt es an einer Integration auf Werkzeugebene. Die Mehrheit der Befragten führt somit die Datenerhebung und -übernahme manuell durch. Erst rund 19 % nutzen zumindest in Teilen automatisierte Verfahren, um das EA-Modell zu aktualisieren. Die Inhalte im EA-Modell werden von 55 % der Befragten nur periodisch aktualisiert, etwas seltener dagegen sogar nur zu bestimmten Ereignissen. Über 60 % der Befragten empfinden die Datenerhebung dabei als sehr zeitintensiv und etwa 45 % aller Befragten sehen die Aktualität in ihrem EA-Modell als nicht ausreichend an. Ungefähr 27 % aller Befragten sagen sogar, dass Änderungen an den Modellen so schnell erfolgen, dass ein Abgleich mit dem EA-Modell nicht angemessen erfolgen kann.[Zu diesem Absatz siehe Rot+13a]

Die Studie hat eine umfangreiche Teilnehmerschaft, sodass sie ein breites Spiegelbild ergibt. Hervorzuheben ist die große Anzahl an Befragten, die mindestens einer Herausforderung begegnen. Relevante Herausforderungen sind dabei zusammengefasst, die aufwendige, manuelle Erstellung der EA, die Gewährleistung von Aktualität und Qualität sowie die weitgehend fehlende Werkzeugunterstützung. Auch ist ein deutlicher zeitlicher Versatz zwischen einer Modelländerung und der Berücksichtigung in der EA zu beobachten.

Auch von der sich überlappenden Autorengruppe *Farwick, Agreiter, Breu, Ryll, Voges* und *Hanschke* [Far+11] werden Ergebnisse zu einer EAM-Umfrage präsentiert, die sich mit der automatisierten Pflege von EA-Inhalten beschäftigt. In diesem Absatz werden einige wesentliche Ergebnisse dieser Studie wiedergeben. Die Umfrage belegt ebenfalls, dass die EA-Erstellung eine große Herausforderung ist und der manuelle Aufwand hierfür mehrheitlich bedenklich gesehen wird. Daraus leiten sie einen Bedarf nach automatisierten Verfahren ab. Zudem wird eine Datenaktualität zwischen wenigen Tagen und einem Monat von den Teilnehmern oftmals als ausreichend angesehen. Obgleich die tatsächlichen Aktualisierungen nicht selten älter als zwei Monate sind. Auch der erreichte Abdeckungsgrad von EA-Inhalten liegt generell hinter dem angestrebten Abdeckungsgrad zurück, was als eine weitere Motivation für automatisierte Verfahren benannt wird.[Zu diesem Absatz siehe Far+11, S. 329-330]

Somit liegen in der Praxis oftmals EA-Modelle vor, deren Inhalte vergleichsweise alt sind. Auch der hohe manuelle Aufwand erschwert die Pflege der Inhalte. Gleichzeitig kann festgehalten werden, dass nicht erwartet wird, dass die Aspekte der Detailmodelle unmittelbar in die EA zu übernehmen sind. Ein kurzer Verzug wird hingegen als ausreichend angesehen.

Ein ausführlicher Test marktgängiger EAM-Werkzeuge findet sich in [Vgl. Mat+08], wo unter anderem auch die Import-Funktionalitäten der Werkzeuge geprüft wurden. Hierauf Bezug nehmend und weiter ausführend, bieten EAM-Werkzeuge gemäß [Siehe HMR12, S. 36-37] oftmals nur eingeschränkte Import-Funktionen, sodass individuelle Anpassungen erforderlich sind. Darüber hinaus findet sich in [Vgl. HMR12, S. 32-37] eine Auflistung weiterer Herausforderungen, die sich im Kontext der automatisierten EA-Erstellung ergeben können.

Die Erstellung einer EA kann insgesamt sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, wozu auch die Aufwände zur Erstellung des Metamodells ebenso wie zur Erstellung und Pflege der Inhalte zählen [Siehe Bar10a, S. 49 ff.]. Dies bestätigt auch [Vgl. Han12, S. 114 ff.]. Wie in [Siehe Far+11, S. 336] hervorgehoben, begründet sich der Aufwand zur Erstellung und Pflege einer EA besonders durch die Größe und Komplexität dieses Modells sowie den Umfang der enthaltenen Elemente und Beziehungen. Der Pflegeaufwand zur Aktualisierung der Informationen in der EA ist somit nicht zu vernachlässigen [Bestätigend vgl. BB12, S. 217]. Der benötigte bzw. bei den beteiligten Personen in den Domänen verursachte (zusätzliche) Aufwand hat auch eine erfolgskritische Komponente für die EA-Etablierung, wie *Löhe* und *Legner* [LL14] ausführen. Danach könne sich dieser negativ auf die Akzeptanz des EAM insgesamt auswirken. Ein zu großer Aufwand für die Dokumentation oder ein fehlendes Pflegekonzept führe eventuell sogar insgesamt zum Scheitern eines EAM-Vorhabens.[Siehe LL14, S. 114-115]

Ein Pflegekonzept wird etwa in [FAW07] beschrieben, inklusive Prozesse und organisatorischer Rollen. Auch in [Far+16] wird ein Vorgehen mit automatischen und manuellen Abläufen sowie Rollen zur Erstellung und Pflege einer EA beschrieben, welches individuell für das einsetzende Unternehmen zu implementieren ist.

Werden jedoch für die Erstellung der EA nur abstrahierte Informationen verwendet (bzw. hierfür erstellt), so stehen bei der Analyse entsprechend weniger Details zur Verfügung. Ein gesonderter, in der Regel manueller Rückgriff auf die Detailmodelle wäre dementsprechend nachgelagert erforderlich. Dies kann jedoch mitunter ebenfalls schwierig sein, falls keine entsprechenden Verknüpfungen der Inhalte dokumentiert sind. Auch das Zusammenführen von Teilergebnissen kann dabei schwierig sein.

### 5.2.2 EA-Erstellung durch Kombination bestehender Teilarchitekturen

Im Abschnitt zuvor wurden verschiedene Herausforderungen betrachtet, die bei der Erstellung einer EA zu beachten sind. Dazu zählen etwa die Aktualität und besonders auch der Aufwand zur Erstellung. Zudem wurde bereits in Abschnitt 2.1.2.2 auf die inhaltliche Vielfalt einer EA eingegangen sowie in Abschnitt 2.1.4.1 auf die verschiedenen EA-Schichten und die in den Domänen bestehenden Teilmodelle. Für solche Detailmodelle wird angestrebt, sie als Quelle für die Erstellung der EA zu verwenden, wie im vorherigen Abschnitt erwähnt wurde. Oftmals bestehen diese Teilmodelle in der Praxis bereits in den Unternehmen, wengleich in unterschiedlicher Ausprägung und Qualität. Stellvertretend wird hierzu auf [Far+13] verwiesen, wo gängige Informationsquellen erhoben und im Rahmen einer Umfrage hinsichtlich Inhalt, Eignung und Qualität untersucht worden sind. Eines der Umfrageergebnisse ist dabei, dass oftmals zwar detaillierte Informationen in Teilmodellen vorliegen, diese aber regelmäßig aufgrund der Gegensätze aus Detaillierung und Abstraktion nicht in die EA übernommen werden können. Dies sei zudem ein Thema für die Forschung, da es zugleich die Automatisierung der Datenübernahme erschwere.[Siehe Far+13]

Vor diesem Hintergrund spielt es natürlich eine wichtige Rolle, wie die Informationen aus den Teilmodellen in eine EA übergehen können. Wobei siehe Abschnitt 2.1.2.3 das vorherrschende Szenario ist, aggregierte Daten in der EA zu halten und nicht etwa detaillierte Daten.

In der Literatur wird Integration nicht selten reduziert auf die Verbindung von Geschäft und IT dargestellt. Sollen über die Modellverknüpfung hinaus auch die Bereiche optimal aufeinander abgestimmt werden, dann wird in der Literatur vom „Business-IT-Alignment“ gesprochen, wengleich allerdings meist eingeschränkt auf Prozesse und Anwendungen [Stellvertretend vgl. Lan13, S. 46; und vgl. RR14].

Auf Modellseite kann je nach Problemstellung eine umfassendere Verknüpfung mit viel mehr Aspekten gefragt sein. Auf die Vielfältigkeit wird etwa in [Siehe BPS12, S. 26] zustimmend hingewiesen und hervorgehoben, dass tendenziell mehr Domänen zu berücksichtigen sind.

Zur Vernetzung der Schichten sind vorab auf Modellebene geeignete Betrachtungselemente zu identifizieren, die verbunden werden können, was in der Praxis sehr herausfordernd sein kann [Siehe BW05, S. 68]. Die Schwierigkeit Modelle zu vernetzen lässt sich auch anhand eigener Praxiserfahrungen des Autors bestätigen. Es können konzeptionelle oder methodische Gründe vorliegen, welche die Verknüpfung behindern. Auch auf Werkzeugebene können Probleme bestehen. Sogar bei Werkzeugen desselben Herstellers, die jeweils unterschiedliche Teilmodelle abbilden, dabei aber keine Verknüpfung zwischen den Modellen zulassen. Integrierte Betrachtungen wären damit kaum möglich.

Sind solche Betrachtungselemente auf Modellebene identifiziert, dann können entsprechende Verbindungen zwischen den Elementen der Modelle eingefügt werden, um dadurch Querbezüge auf abstrakter Ebene zu dokumentieren [Siehe Nie05, S. 77-80]. Hierbei sind die Beziehungen zwischen den Betrachtungselementen, innerhalb einer Schicht und über die Schichtgrenzen hinweg, gleichermaßen von Bedeutung [Vgl. BW05, S. 68]. Erst diese Bezüge machen den Nutzen einer EA aus, da somit das Zusammenwirken der Elemente transparent wird.

Es verbleibt nun zu betrachten, wie eine EA durch Kombination von Informationen aus Teilmodellen erstellt werden kann. Hinsichtlich der Art und Weise wie diese Verknüpfungen zwischen den Elementen bzw. Schichten betrachtet werden können, sind unterschiedliche Varianten verbreitet. Sie lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen, je nachdem ob eine direkte Verknüpfung erfolgt oder mit Indirektstufen zwischen den Schichten gearbeitet wird.

In der Literatur sind Ansätze mit direkten Verbindungen häufig anzutreffen. Beispiele hierfür finden sich etwa in Abschnitt 5.6 (Fokus auf Ansätze im Kontext des Semantic Web), wo verschiedene Ansätze zur Verbindung von EA-Modellen betrachtet werden. Auch in der Praxis sind solche direkten Verbindungen zwischen Betrachtungselementen verbreitet.

Allerdings besteht darin die in Abschnitt 5.2.1 erwähnte Herausforderung, dass sich die Domänen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten weiterentwickeln. Ebenfalls wurde benannt, dass die Aktualität der EA oftmals nicht zeitnah sichergestellt werden kann. Diese beiden Aspekte zusammen begründen die Problematik, dass sich bei direkten Verbindungen die zahlreichen Verbindungen in den Modellen nicht mehr angemessen pflegen lassen. Auch in [Siehe AW09, S. 176] wird auf die Herausforderung hingewiesen, dass die Anzahl an Änderungen groß werden kann.

Daher bietet sich mit indirekten Verbindungen die Möglichkeit, die Betrachtungselemente zu entkoppeln und somit die Modelle stabiler und konsistenter zu halten. So heben etwa *Aier* und *Winter* [Siehe AW09, S. 176] explizit den Vorzug hervor, dass durch die Entkopplung bei Änderung eines Elements weniger Auswirkungen auf angrenzende Elemente entstehen würden, als es bei einer sehr stark vernetzten Struktur mit direkten 1:1-Verbindungen der Fall wäre.

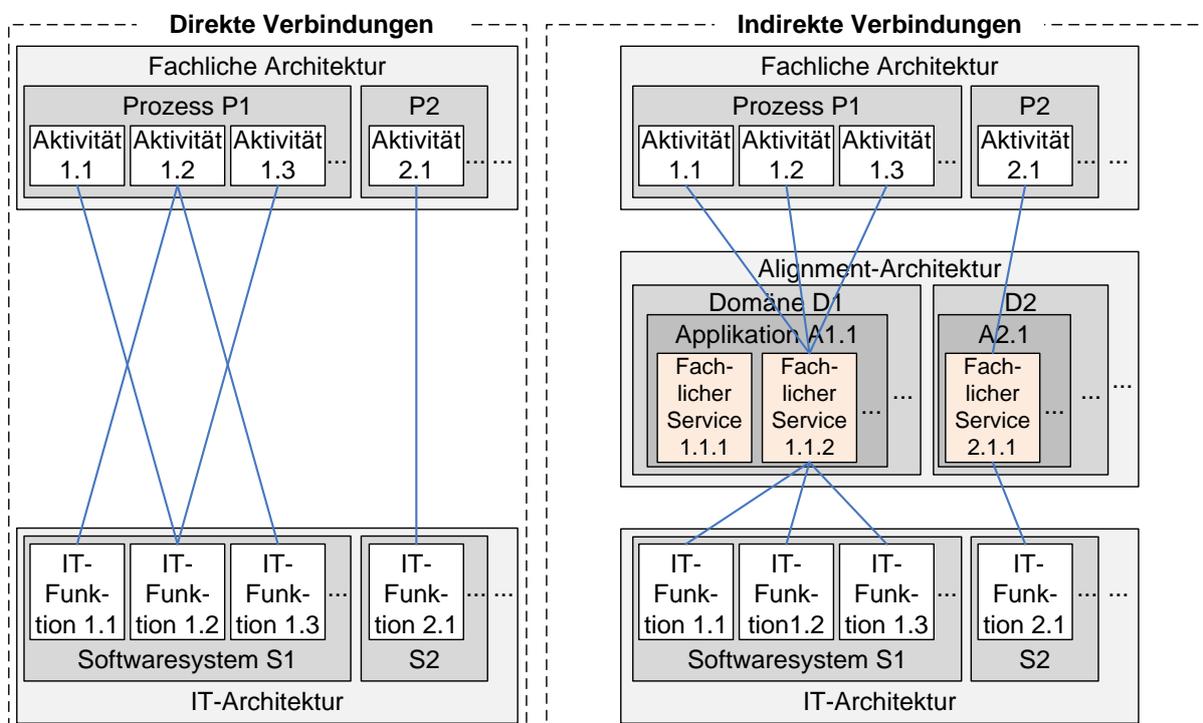
Auch ist in der Praxis zu beobachten, dass 1:1-Entsprechungen zwischen Elementen verschiedener Domänenmodelle nicht unmittelbar gegeben sind. Gründe dafür sind, dass die Modelle vielfach getrennt voneinander entstehen sowie von verschiedenen Bereichen verantwortet werden, sodass nicht immer ein inhaltlicher Abgleich auf Elementebene gegeben ist [Siehe Nie05, S. 90]. Ebenfalls sind die Modelle häufig domänenspezifisch für die jeweiligen Zwecke der Domäne konzipiert, sodass die Modelle nicht direkt darauf ausgerichtet sind, in ein konsistentes Gesamtmodell mit einem übergreifenden Ziel integriert zu werden [Siehe BPS12, S. 26]. Diese gewachsenen Strukturen gilt es dann trotz ihrer individuellen Entwicklung zusammenzuführen [Zustimmend vgl. Lan13, S. 45 ff.].

Die Zwischenstufen können unterschiedlich ausgestaltet sein. Nachfolgend wird auf einige Beispiele eingegangen, um einen Überblick zu geben.

Eine erste Realisierung wird von *Niemann* [Nie05] beschrieben. Es werden als Betrachtungsgegenstände die in der Architektur dokumentierten Dienste verwendet, mittels denen eine Entkopplung von Geschäftsprozessen und Anwendungssystemen erfolgt. Gleichzeitig existiert eine künstliche Schicht, die nicht als eigene EA-Ebene betrachtet wird, da in ihr nur die Referenzen zwischen den Elementen verwaltet werden. Die Beziehungen sind somit nicht Teil bestehender Schichten. Die Referenzen zwischen den Elementen sind dabei gesondert zu pflegen. Neben der Dokumentation der Abhängigkeiten mittels der Verbindungen ist zusätzlich die Ablage von Informationen an den Elementen als Attribute vorgesehen. Dieses können z. B. Kosten oder Zeiten sein, wodurch eine Bewertung der Querbezüge möglich wird.[Zu diesem Absatz siehe Nie05, S. 76-80]

Eine solche Attributierung erzeugt neue Herausforderungen, wie etwa bei der Pflege, da die Informationen in der Praxis regelmäßig aus anderen Systemen und Datenbanken stammen.

Sehr ausführlich beschreiben auch *Aier* und *Winter* [AW09], wie mittels einer sogenannten Alignment-Architektur, fachliche Strukturen (Aktivitäten) und IT-Strukturen (IT-Funktionalitäten) entkoppelt werden können. Dies erfolgt bei ihnen durch Ersetzen direkter 1:1-Verbindungen zwischen diesen Elementen (siehe Abbildung 5.1, links). Stattdessen werden indirekte m:x- und y:n-Verbindungen etabliert und somit die m:n-Verbindungen abgebildet. Sie nutzen dazu eine Indirektstufe in Form von fachlichen Services (siehe Abbildung 5.1, rechts). Die fachlichen Services können dabei durch verschiedene Ansätze gewonnen werden und sind lediglich virtuelle Elemente, da sie nur der Verknüpfung dienen und außerhalb von fachlicher Architektur und IT-Architektur existieren.[Zu diesem Absatz siehe AW09, S. 176-182]



**Abbildung 5.1:** Entkopplung von fachlicher Architektur und IT-Architektur durch Alignment-Architektur (Quelle: Nach [AW09, S. 180])

Eine ähnliche Eignung für die Elemente jener Indirektstufe ergibt sich hier auch für die in Abschnitt 2.1.4.2 erwähnten Capabilities oder Geschäftsfähigkeiten. Sie beschreiben gleicher-

maßen eine abgegrenzte Funktionalität mit Relevanz für das Geschäft und können durch IT unterstützt bzw. realisiert werden.

Eine andere Variante für einen Entkopplungsmechanismus wird von *Matthes, Buckl, Leitel* und *Schweda* [Mat+08] beschreiben. Dort erfolgt die Entkopplung durch zwei zwischengeschaltete Service-Schichten (Service Layer). Die beiden zentralen Schichten sind der Business Layer (u. a. Geschäftsprozesse und Produkte) und der Application Layer (u. a. Informationssysteme und Systemschnittstellen). Daneben gibt es eine untere Schicht, den Infrastructure Layer, für die Infrastruktur-Komponenten (u. a. Server). Zwischen den Elementen dieser Schichten bestehen verschiedene Verbindungen. Um die vorgenannten Schichten zu entkoppeln, kommen in diesem Modell die Service-Schichten zum Einsatz. Die Entkopplung erfolgt mittels Business Services zwischen dem Business Layer und dem Application Layer bzw. mittels Infrastructure Services zwischen dem Application Layer und dem Infrastructure Layer.[Zu diesem Absatz siehe Mat+08, S. 28-31]

Geprägt ist diese Vorstellung somit vom generellen Aufkommen einer serviceorientierten Denkweise im Rahmen der Unternehmensgestaltung, bei der Funktionen und Prozesse in Form abgegrenzter Services im Unternehmen angeboten und genutzt werden sollen.

Um den Herausforderungen im Kontext der EA-Erstellung zu begegnen, empfehlen auch *Kleinert, van Megen* und *Kohl* [KVK11] eine lose Kopplung, damit sich die Teilarchitekturen in ihrer individuellen Geschwindigkeit und ohne starke Abhängigkeiten von anderen Bereichen weiterentwickeln können. Hierzu schlagen sie aus ihrem Praxiskontext eine Ebene zwischen dem Prozess- und IT-Architekturmanagement vor. Für diese Ebene verwenden sie ein funktionales Modell, vergleichbar mit den erläuterten Modellen im Rahmen der Capabilities, siehe Abschnitt 2.1.4.2. Demnach werden Querbezüge zwischen den Aktivitäten und Systemen indirekt über die Elemente des funktionalen Modells hergestellt. Als Verknüpfungselemente werden hierbei Fachfunktionen als unterste Ebene des funktionalen Modells verwendet. Diese repräsentieren eine abgegrenzte Funktionalität eines Anwendungssystems aus fachlicher Sicht. Analog zum Vorgehen in [AW09] zuvor, werden die Beziehungen bei [KVK11] auch als m:n-Referenzen verstanden und nicht als 1:1-Referenzen, da dies die tatsächlichen Beziehungen der Elemente in der Praxis besser abbildet.[Zu diesem Absatz siehe KVK11, S. 228-233]

Eine weitere Nutzung im Kontext einer Versicherung wird in [Siehe HT11, S. 242-243] beschrieben, wo ebenfalls ein Domänenmodell als Zwischenschicht von verschiedenen Architekturen (erneut Geschäft und IT) verwendet wird.

Ein ähnliches Vorgehen wählen auch *Moser* und *Kirchner* [MK13] mit ihren Geschäftsfunktionen. Dabei werden die Prozessarchitektur und die Architekturmodelle des IT-Bereichs mittels dieser Geschäftsfunktionen entkoppelt. Ein Vorteil der losen Kopplung ist aus ihrer Sicht, dass die Geschäftsfunktionen länger stabil und unverändert bleiben als z. B. die Geschäftsprozesse, welche häufig Gegenstand von Anpassungen zur Prozessverbesserung sind.[Zu diesem Absatz siehe MK13, S. 317-320]

Die verschiedenen Ausprägungen konkreter Ansätze aus Forschung und Praxis zeigen, dass Vernetzung von Architekturen und deren Bestandteilen ein etabliertes Vorgehen ist. Zudem belegen die Ansätze die Eignung solcher Entkopplungsmechanismen. Gleichzeitig zeigen jedoch die Jahreszahlen der Veröffentlichungen, dass solche Integrationsszenarien über einen langen Zeitraum Gegenstand der Betrachtung waren und immer noch sind. Dabei ist die Ausgestaltung der Verbindungsebene nicht fest definiert. Einige Ansätze nutzen das Konzept eines Services. Aber auch die Capabilities (siehe Abschnitt 2.1.4.2) bzw. Geschäftsfähigkeiten oder Geschäftsfunktionen sind als Verbindungselemente denkbar und wurden in dieser Rolle bereits genutzt. Wenngleich auf Ebene der damit verknüpften Elemente ein deutlich eingeschränkter Fokus auf

Prozesse und Aktivitäten einerseits sowie IT-Systeme und IT-Funktionalität andererseits in den Veröffentlichungen vorherrscht.

Schließlich sind wie im Abschnitt 2.1.2.1 erläutert, durchaus verschiedene Werkzeuge zur Abbildung der Modelle in der Praxis im Einsatz. Wobei auch innerhalb einer Domäne durchaus mehrere unterschiedliche Anwendungen denkbar sein können, die jeweils verschiedene oder überschneidende Informationen vorhalten. Somit besteht auch bei den Werkzeugen eine Vielfalt, die bei der Kombination zu berücksichtigen ist. Das kann historisch oder organisatorisch bedingt sein. Daher erscheint es als eine erhebliche Herausforderung, je nach organisatorischer Verankerung der EA-Aktivitäten im Unternehmen, ein einzelnes Werkzeug für das gesamte Unternehmen zu etablieren. Gleichfalls kann es mitunter problematisch sein, die Daten über Werkzeuggrenzen hinweg mit den bestehenden Mitteln zu verbinden. Wohingegen die Etablierung eines einzelnen EA-Werkzeugs wiederum eine neue Problematik erzeugen kann. Entsprechend der Intention und Nutzung des übergreifenden Werkzeugs kann es direkt zur Schaffung eines neuen Silos, des EA-Werkzeugs, kommen. Zustimmend hierzu etwa [Vgl. LL14, S. 114].

Die Teilmodelle werden in der Regel von den Domänen selbst verwaltet und für ihre Planungen genutzt (siehe Abschnitt 2.1.4). Übernimmt nun die EA die Rolle der Planungsgrundlage, so kann es gemäß [Siehe AAL12] durchaus zu Widerständen kommen, wenn die Domänen eine Reduzierung ihrer Entscheidungsautonomie befürchten würden. Damit stellt auch die Positionierung des EAM im Unternehmen einen relevanten Aspekt dar. Dieser ist jedoch nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in Literatur und Praxis, bedingt auch durch das konzeptionelle Grundverständnis übereinander angeordneter EA-Schichten, eine Fokussierung auf die Vernetzung von Modellen des Geschäfts und der IT besteht. Noch enger gefasst werden oftmals Geschäftsprozesse und IT-Anwendungssysteme betrachtet. Die Thematik wird dabei für gewöhnlich auf die Frage der optimalen IT-Unterstützung des Geschäfts reduziert, wie beim erwähnten Business-IT-Alignment.

### 5.3 Merkmale einer Vernetzung und Analyse von EA-Modellen

Im Abschnitt 2.1 wurde allgemein auf Enterprise Architectures und ihre Merkmale sowie Einsatzmöglichkeiten eingegangen. Analysen wurden hierbei als eine sehr relevante Nutzung hervorgehoben. In Kapitel 3 wurde aus diesem Grund gezielt auf Analyseverfahren und speziell auf die Erkennung des Bedarfs an Handlungen im Umfeld einer EA eingegangen. Zu Beginn dieses Kapitels wurde zusätzlich genauer auf Potenziale einer EA und Herausforderungen bei deren Erstellung hingewiesen.

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht das Nutzungsszenario einer Analyse lose gekoppelter Teilmodelle im Umfeld einer EA, mit besonderem Fokus auf die Ableitung des Bedarfs an Handlungen aus ganzheitlicher Sicht. Daraus folgen die Themenbereiche *Vernetzung* und *Analyse*. Dabei kann die Analyse nur geeignet erfolgen, wenn die Grundlage durch Vernetzung entstanden ist. Somit sind beide Themen im Kontext zueinander zu betrachten.

Auf Grundlage der bisherigen Betrachtung der Literatur sowie eigener Praxiserfahrungen aus verschiedenen Projekten im EA-Umfeld und in einzelnen Teilbereichen sollen nachfolgend als relevant angesehene Merkmale formuliert werden. Sie werden die Konzeption des in dieser Arbeit beschriebenen Verfahrens zur Vernetzung und Analyse maßgeblich leiten. Zudem fassen sie gleichzeitig die Annahmen und Sichtweisen der vorliegenden Arbeit auf eine EA und deren Analyse zusammen und legen bestimmte Schwerpunktsetzungen dar.

Die Merkmale erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Abgeschlossenheit. Ebenso war keine empirische Untersuchung dieser Merkmale im Fokus der vorliegenden Arbeit. Für angrenzende Bereiche im EAM-Kontext gibt es Forschungsarbeiten, die auf einem detaillierten Niveau Herausforderungen für EA-Ansätze ableiten. Zum Beispiel kann hierzu auf [Vgl. HMR12] verwiesen werden, wo jedoch fokussiert auf den Bereich der automatisierten EA-Erstellung bzw. deren Pflege eingegangen wird. Analyseaspekte waren dort nicht im gleichen Umfang im Fokus.

Die nachfolgenden Merkmale bilden eine Klammer um die beiden Aspekte Vernetzung und Analyse. Wobei die Reihenfolge der Nennung keine Aussage über die Wichtigkeit eines Merkmals impliziert. Die Merkmale geben Aspekte wieder, die vor dem Hintergrund der bisherigen Arbeit als relevant für einen Gesamtansatz zur Vernetzung und Analyse angesehen werden.

- M1 - Individualität** Die Analysemethodik muss für verschiedene EA-Metamodelle anwendbar sein. Wie erläutert nutzen Unternehmen überwiegend individuelle Metamodelle, sodass eine große Vielfalt vorherrscht. Die Methodik darf daher nicht nur für ein festes Metamodell anwendbar sein.
- M2 - Variabilität** Es wurde darauf hingewiesen, dass EAM oftmals im Rahmen eines langfristigen Programms eingeführt wird. Zudem könnten bereits Teilmodelle existieren, wobei einige auch unvollständig sein könnten. Es ist daher zu erwarten, dass sich das EA-Metamodell während der Zeit verändert, indem z. B. Konzepte hinzukommen oder entfallen. Eventuell kommen auch Teilmodelle hinzu, falls entsprechende Fragestellungen aufkommen. Eine Methodik muss daher variabel genug sein, um mit einem sich verändernden EA-Metamodell umzugehen. Neben dem Metamodell ist es noch wahrscheinlicher, dass sich die konkreten Inhalte verändern. Auch dies muss die Methodik berücksichtigen.
- M3 - Ganzheitlichkeit** Es haben sich vielfältige Methoden etabliert, die einzelne Bereiche bzw. Aspekte analysieren, z. B. die Geschäftsprozessanalyse für Prozesse. Diesen Methoden auf Ebene der Domänen sollte eine Methode auf Ebene der Enterprise Architecture gegenüberstehen, welche ganzheitlich alle Inhalte der EA berücksichtigt, auch detaillierte Informationen.
- M4 - Lose Kopplung** Im Rahmen der Erläuterung, wie eine EA durch Kombination von Teilmodellen entstehen kann, wurden die Vorzüge einer losen Kopplung herausgestellt. Die Teilmodelle sind damit entkoppelt und können sich ohne starre Abhängigkeiten zu anderen Teilmodellen weiterentwickeln. Zusätzlich kann in der Praxis beobachtet werden, dass die Detailmodelle selten zwischen Domänen inhaltlich abgestimmt sind und folglich kaum miteinander verbunden sind. Auch hier spielt lose Kopplung eine wichtige Rolle. Schließlich wurde auf die Akzeptanz eingegangen, die auch dadurch beeinflusst wird, welche Rolle der EA bei der Planung und Steuerung zukommt. Es erscheint hierbei angebracht, kein neues Silo für die EA zu errichten und stattdessen die Teilmodelle lose zu koppeln. Analysen könnten dann auch alle Detailinformationen direkt nutzen und in Beziehung setzen.
- M5 - Flexibilität** Anfragen und Auswertungen sollten sich flexibel nach den aktuellen Fragestellungen richten und dabei die vorhandenen Konzepte des Metamodells und die konkreten Inhalte berücksichtigen. Des Weiteren sollte die Methodik Ad-hoc-Auswertungen

ermöglichen, um kurzfristige Fragestellungen zu behandeln. Die Analysen sollten flexibel auf Basis der Konzepte definiert und im Zeitverlauf angepasst werden können.

**M6 - Benutzbarkeit** Damit die Nutzer mit den Analysen arbeiten und diese verwenden können, sollte die Definition der Analysen einfach und verständlich sein. Dazu gehört auch die Berücksichtigung des jeweiligen Metamodells mit dessen Begrifflichkeiten. Dieser Aspekt hat Berührungspunkte mit dem Thema Usability, was jedoch nicht im Fokus dieser Arbeit steht. Es wird hierzu auf die entsprechende allgemeine Literatur verwiesen, stellvertretend etwa [Vgl. RF16].

Da es im EA-Bereich selten um eilige Datenänderungen oder Analysen innerhalb kürzester Zeit geht, werden nicht-funktionale Eigenschaften, wie z. B. die Geschwindigkeit, nachrangig betrachtet. Die ganzheitliche, integrierte Sicht und aussagekräftige Auswertungen stehen dagegen im Vordergrund.

Eine konzeptionelle Festlegung betrifft den Datenfluss. Die Teilmodelle als Datenquellen liefern die maßgeblichen Informationen für die EA. Es ist nicht vorgesehen, dass aus der EA-Datenbasis Daten zurück an die Datenquellen geliefert werden sollen. Anpassungen erfolgen direkt in den Datenquellen. Der Datenfluss ist somit stets von den Datenquellen zur EA gerichtet.

Wie erläutert besteht in dieser Arbeit hinsichtlich der Analyse ein Fokus auf die Ableitung eines möglichen Bedarfs an Handlungen für einen festzulegenden Kontext. Es ist ein Verfahren angestrebt, welches die Ganzheitlichkeit einer EA berücksichtigt und somit übergreifend die Inhalte verschiedener Domänen kombinieren kann. Dies korrespondiert mit dem bereits genannten Merkmal „M3 - Ganzheitlichkeit“.

Auch das Merkmal „M4 - Lose Kopplung“ ist relevant, da die Analyse die weitgehend unabhängigen Teilmodelle in der Analyse berücksichtigen können soll, ohne gravierende Anpassungen vornehmen zu müssen. Ziel ist es, den Bedarf an Handlungen aus Gesamtsicht des Unternehmens abzuleiten.

Es ergeben sich durch die Intention der Erkennung eines Handlungsbedarfs zwei weitere Merkmale. So sollten die Ergebnisse eindeutige Schlüsse über die Reihenfolge der Aktionen (z. B. Detailstudien oder Verbesserungen) zulassen. Die Reihenfolge sollte sich danach richten, was unter Berücksichtigung aller Sichten am notwendigsten erscheint. Auch Abschnitt 3.3 hatte die Relevanz einer Priorisierung hervorgehoben. Das siebte Merkmal lautet:

**M7 - Priorisierung** Die Analysemethodik zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen sollte eine nachvollziehbare Reihenfolge der zu betrachtenden Objekte anbieten.

Wie in den Abschnitten 3.2.1 und 3.2.3 aufgezeigt, gibt es bereits verschiedene Analyseverfahren. Sie sind jedoch häufig auf eine oder wenige Domänen begrenzt. Über das Merkmal „M3 - Ganzheitlichkeit“ hinaus, soll eine Methode nicht bloß auf den Zugriff von Inhalten einzelner Domänen beschränkt sein. Das Verfahren zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen soll vielmehr die Informationen bei Berechnungen auch über bisherige Domänengrenzen hinaus kombinieren können. Wobei nicht nur vorhandene Informationen zur Struktur oder zu Kennzahlen genutzt werden sollen, sondern auch Informationen, die erst während der Analysephase neu ermittelt werden. Und im Gegensatz zu den üblichen EA-Analyseansätzen soll insbesondere eine Berücksichtigung detaillierter Informationen erfolgen. Es wird hierfür der Begriff der „Kombination“ gewählt, weil in einer Berechnung mehrere Kriterien aus einer oder mehreren Domänen kombiniert verwendet werden. Um dieses herauszustellen, sei folgendes Merkmal beschrieben:

**M8 - Kombination** Es sind nach Bedarf verschiedene existierende oder zu ermittelnde Informationen in der Analyse zu berücksichtigen. Dies soll kombiniert erfolgen können, sodass Teilberechnungen mehrere Kriterien miteinander funktionell verknüpfen. Hierzu sind die detaillierten Informationen zu verwenden, die aus den Teilmodellen in die EA übernommen werden.

Diese Merkmale dienen nachfolgend als Leitlinien für die Ausgestaltung des Gesamtansatzes zur Vernetzung und Analyse einer EA.

## 5.4 Relevanz der Technologien des Semantic Web für den Einsatz in einem Unternehmen

Es wurden eingangs das Grundverständnis (siehe Abschnitt 4.2) und wesentliche Bestandteile des Semantic Web (siehe Abschnitt 4.3) eingeführt sowie der Umgang mit Daten im Allgemeinen erläutert (siehe Abschnitt 4.4). In diesem Abschnitt fokussiert die Betrachtung auf die generelle Anwendbarkeit des Semantic Web bzw. seiner Technologien im Unternehmenseinsatz. Das Konzept des Semantic Web ist im Vergleich zu etablierten Ansätzen der Datenhaltung (siehe Abschnitt 4.1) vergleichsweise jung (siehe Abschnitt 4.2). Es überrascht daher nicht, dass sich Anwendungsszenarien erst allmählich entwickeln und in der Praxis Einzug halten.

Informationen sind die Grundlage des Semantic Web und es verspricht einen effizienten Umgang mit ihnen. Explizit werden Szenarien unterstützt, in denen die Informationen dezentral vorliegen. Diese Aspekte und die wesentlichen Merkmale insgesamt begründen die Relevanz des Semantic Web für Unternehmen. Nachfolgend werden einige dieser Anwendungsfälle benannt, die als Beleg für das generelle Interesse am Semantic Web sowie dessen Eignung in der Praxis dienen können.

Das Semantic Web ist von der Vision her global ausgerichtet und daher geeignet, weltweit verteilt vorliegende Datenquellen zu integrieren (siehe Abschnitt 4.2). Zu beachten ist dabei nach [AH11] jedoch der Einfluss des zugreifenden Nutzers auf die angebotenen Dateninhalte oder auf die Datenqualität. Demzufolge sei dieser bei der Verwendung von globalen Quellen (beim Semantic Web ebenso wie beim normalen Web) sehr gering. Werde hingegen eine Quelle des eigenen Unternehmens verwendet, dann bestehe eher die Möglichkeit, auf Inhalt, Qualität oder Format Einfluss zu nehmen. Das Semantic Web sei jedoch fähig mit dieser Verschiedenartigkeit auf technischer wie inhaltlicher Ebene umzugehen. [Vgl. zum Vorherigen AH11, S. 6-8]

Allerdings kann es auch beim EAM innerhalb eines Unternehmens viele Beteiligte geben (siehe Abschnitt 2.2.2). In dem Fall gibt es verschiedene Informationslieferanten bzw. -quellen, aber oftmals keine zentrale Koordination [Vgl. Jon+06, S. 63-64]. Zudem sind die Systeme und Methoden oftmals gesetzt und haben sich über einen langen Zeitraum in der Domäne entwickelt [Vgl. Bar10b, S. 20 ff.]. Auch in diesem Fall ist der Einfluss auf liefernde Systeme mitunter beschränkt oder zumindest nicht kurzfristig gegeben.

Ein zunehmend verbreitetes Mittel zum Zusammenführen solcher heterogener Datenbestände eines Unternehmens auf einer Ordnungs- oder Begriffsebene sind Ontologien, die je nach Kontext und Ziel sehr unterschiedliche Inhalte und Umfänge aufweisen können [Vgl. Ell04, S. 79-80]. Gleichermäßen nützlich sind Ontologien wie erläutert auch im Kontext des Semantic Web, wo sie sogar eine wichtige Grundlage bilden (siehe Abschnitt 4.4.2). Folglich können hier die Technologien des Semantic Web einen Nutzen stiften.

In [Siehe APU14] wird auf den Anwendungsfall der Datenintegration eingegangen und der Nutzen der Technologien des Semantic Web für dieses Szenario aufgezeigt. Auch in [Sie-

he PSA14] werden weitere Anwendungsszenarien im Unternehmenskontext dargestellt. Dabei fällt auf, dass primär die Themenbereiche Daten- und Wissensmanagement sowie Integration behandelt werden. Quantitative Analysefunktionalitäten werden kaum genutzt.

Auch in [Vgl. EHR15] findet sich eine Sammlung von Praxisprojekten, in denen semantische Technologien verwendet werden. Einleitend dazu geben *Humm, Ege* und *Reibold* [HER15] eine Einordnung dieser Projekte. Demnach finde die Nutzung in vielen verschiedenen Branchen statt, wie z. B. Telekommunikation oder Kultur. Wobei in mehreren Fällen der Einsatz auf einzelne Technologien beschränkt sei. Dort würde dann die Verwendung von alternativen Technologien stattfinden, die aber auch die Bedeutung von Inhalten in den Vordergrund stellen. Dies erleichtere eventuell die Einarbeitung oder könne durch andere Rahmenbedingungen erforderlich seien, reduziere aber die Möglichkeiten der einfachen Datenintegration oder der Zusammenarbeit. Des Weiteren zeige sich, dass die Projekte in der Regel die Daten nicht erst bei einer Anfrage zugreifen, etwa von einem SPARQL-Service (siehe Abschnitt 4.3.5). Vielmehr erfolge eine Integration der Daten in fast allen Fällen bereits vorab, u. a. aus Performancegründen.[Zu diesem Absatz siehe HER15, S. 2-5]

An der Projektübersicht in [Vgl. HER15, S. 2-5] fällt ebenfalls auf, dass die Projekte überwiegend in die Themenbereiche Suche, Datenintegration und Wissensmanagement eingeordnet werden können und weniger in den Bereich Analyse. Wie in [Siehe HER15, S. 1] herausgestellt wird, sind semantische Technologien für den Einsatz im Unternehmenskontext geeignet.

Es kann somit insgesamt festgehalten werden, dass Technologien des Semantic Web im Unternehmenskontext anerkannt und verbreitet sind. Dedizierte Einsatzszenarien dieser Technologien für das EA-Management sind hingegen vergleichsweise selten. Ein Beispiel aus dem Forschungsbereich ist etwa [Siehe Ort+14], wo einzelne Quellen zum Zweck des Alignments von Business und IT zusammengeführt werden, um anschließend verschiedene Analysen durchführen zu können. Ebenfalls aus dem Forschungsbereich stammend, wird in [Siehe OLB15] der Aspekt der Analysemöglichkeiten betont, indem Impact-Analysen auf Basis einer zuvor mittels Semantic-Web-Technologien umgewandelten EA durchgeführt werden. In Abschnitt 5.6 wird eine erweiterte Übersicht über Ansätze gegeben, die auf Basis von Technologien des Semantic Web EA-Modelle vernetzen.

Allgemein gelten die Technologien des Semantic Web als ein relevanter Forschungsbereich im Kontext der Unternehmensmodellierung, wie etwa im Positionspapier einer großen Autorengruppe in [Siehe San+16]. Hervorgehoben werden mögliche Nutzungsszenarien basierend auf Ontologien und der Verarbeitung dokumentierter Inhalte [Siehe San+16, S. 230-231].

Zusammenfassend belegen die verschiedenen Einsatzszenarien die generelle Anwendbarkeit der Semantic-Web-Technologien im Unternehmenskontext. Für die Szenarien Suche und Datenmanagement ist die Nutzung sehr verbreitet. Bei Analysen allgemein und bei der Verwendung im Kontext EAM im Speziellen, hat die Nutzung eine deutlich geringere Verbreitung.

## 5.5 Kritische Würdigung der Eignung von Semantic-Web-Technologien für eine EA

Dieser Abschnitt soll erörtern, inwieweit Technologien des Semantic Web für die Repräsentation und Nutzung von Informationen einer EA angemessen sind. Hierzu werden die zuvor in Abschnitt 5.3 formulierten Merkmale als grobe Leitlinien aufgegriffen.

Das Merkmal bezüglich individueller Metamodelle („M1 - Individualität“) kann durch die Semantic-Web-Technologien sehr gut unterstützt werden. Mit RDFS (siehe Abschnitt 4.3.3),

den Ontologien (siehe Abschnitt 4.4.2) oder spezifischeren Sprachen wie etwa SKOS (siehe Abschnitt 4.4.3) stehen einfache wie flexible Möglichkeiten bereit, ein unternehmensindividuelles EA-Metamodell effizient abbilden und pflegen zu können. Der flexible Umgang mit einem Metamodell ist essenziell, da wie in Abschnitt 5.1 erörtert wurde, die EA-Ausgestaltungen in den Organisationen sehr individuell sein können und sich auch innerhalb eines Unternehmens stetig weiterentwickeln können.

Auch das zweite Merkmal („M2 - Variabilität“) zur Einbindung von Teilmodellen und Datenquellen, deren Inhalte sich auch verändern können, wird unterstützt. Zumal sich bei den Quellmodellen neben den häufigen Änderungen der konkreten Inhalte, auch Änderungen auf Ebene der Metamodelle ergeben können, etwa bei konzeptionellen Anpassungen der Quellen (siehe Abschnitt 2.1.2.2). Datenintegration ist, wie auch die im vorherigen Abschnitt dargestellten Praxisbeispiele belegen, eine etablierte Kernfunktionalität des Semantic Web. Entsprechend der jeweiligen Architektur einer Lösung können Datenquellen flexibel integriert oder aus der Zusammenführung wieder entfernt werden.

Das ist somit auch gleichzeitig die Grundvoraussetzung zur Erfüllung des dritten Merkmals („M3 - Ganzheitlichkeit“) hinsichtlich einer ganzheitlichen Sicht über alle Informationen bei der Analyse. Durch Matching (siehe Abschnitt 4.4.4) und Integration (siehe Abschnitt 4.4.5) ergibt sich ein integrierter Datenbestand, der für ganzheitliche Anwendungsfälle einsetzbar ist. Des Weiteren bietet dies den Vorteil, unterschiedliche Datenbestände zu verknüpfen und damit in Beziehung zu setzen. Gleichzeitig stellt die Nutzung der IRIs sicher, dass Ressourcen eindeutig identifizierbar sind, auch bei einem Zusammenführen unterschiedlicher Quellen (siehe Abschnitt 4.4.5). Anwendungen auf Basis der semantischen Technologien können damit effektiv mit Änderungen bei Datenquellen bzw. Daten während der Laufzeit umgehen. Einige Aspekte könnten auch mit einem gewissen Aufwand mittels traditioneller Ansätze gelöst werden. Wo hingegen die Technologien des Semantic Web bereits Standards und Hilfsmittel bieten, welche diese Funktionalitäten effizient ermöglichen (siehe Abschnitt 4.2).

Für das vierte Merkmal („M4 - Lose Kopplung“) bezüglich einer losen Kopplung der beteiligten Quellen stellt RDF (siehe Abschnitt 4.3.2) zunächst ein flexibles Datenmodell dar. Die einheitliche Form der Datenrepräsentation auf Strukturebene erleichtert die Zusammenführung der verschiedenartigen Quellarten und -formate. Auch sind die Teilmodelle oftmals unter der dezentralen Verantwortung der Domänen, sodass trotz Integration die Domänen weiterhin verantwortlich für ihre Informationsstände bleiben. Ebenso ist es kein Hindernis, wenn die Teilmodelle wenig abgestimmt sind, da alle Daten wie erläutert zunächst problemlos zusammengeführt werden können. Im nächsten Schritt kann auf Basis des Metamodells und entsprechender Konzepte sowie eines Alignments und korrespondierender RDF-Statements eine lose Kopplung zwischen den Teilmodellen etabliert werden.

Das Merkmal Flexibilität der Analysen („M5 - Flexibilität“) betrifft die Analysemethodik unmittelbar und hängt von deren Umsetzung ab. Aber auch hierbei kann eine Technologie wie etwa die Inferenz (siehe Abschnitt 4.3.4) unterstützen, indem die Semantik für Schlussfolgerungen genutzt werden kann und Abfragen effizienter gestalten werden können. Implizites Wissen kann damit berücksichtigt werden. Zugleich können Anfragen z. B. via SPARQL allgemeiner gestellt werden und dennoch mit spezifischeren Informationen beantwortet werden (siehe Abschnitt 4.3.5). Darüber hinaus ist es durch Matching möglich, die konkreten Inhalte der Teilmodelle mit dem Metamodell in Beziehung zu setzen, sodass die Konzepte des Metamodells bei Anfragen genutzt werden können.

Das Merkmal „M6 - Benutzbarkeit“ betrifft die Umsetzung des Ansatzes in einer Anwendung. Wie erläutert steht das Merkmal nicht im Fokus dieser Arbeit und wird nicht näher behandelt.

Aus der Gesamtsicht dieser Betrachtung ergibt sich, dass der Einsatz von Technologien des Semantic Web für die Repräsentation und Analyse einer EA empfehlenswert scheint. Mehrwerte gegenüber traditionellen Ansätzen der Datenintegration (siehe Abschnitt 4.1) sind hierbei, die effiziente Gestaltung der Integration beim Semantic Web, die Verfügbarkeit erprobter Standards (siehe Abschnitt 4.3) und die Möglichkeit zur maschinengestützten Berücksichtigung der Bedeutung von Informationen. Die Praxisbeispiele im vorherigen Abschnitt können als Beleg angesehen werden.

Zur Ablage der Informationen gemäß dem RDF-Datenmodell stehen die sogenannten RDF-Stores als eine Option zur Verfügung (siehe Abschnitt 4.3.2). Diese bieten etwa den relationalen Datenbanken gegenüber weitere Vorteile, wie *Kiryakov* und *Damova* [KD11] herausstellen. Demzufolge strebe ein RDF-Store ebenfalls eine effiziente Datenhaltung und Abfragemöglichkeit an. Ergänzend sei es jedoch zulässig, dass die Daten beliebig strukturiert seien und sich ohne Anpassungen an der Datenhaltung oder am DB-Schema flexibel verändern können. Auch seien Schlussfolgerungen mittels Inferenz möglich. [Zu diesem Absatz siehe KD11, S. 236-240]

Insbesondere die flexible Ablage ohne vorgegebenes DB-Schema ist für die Berücksichtigung des Metamodells nützlich, da dessen Struktur weder vorgegeben noch unveränderbar ist.

Auch hinsichtlich der Leistungsfähigkeit entwickeln sich die RDF-Stores stetig weiter. Darauf wird in [Siehe KD11, S. 234-236] hingewiesen und zugleich ausgeführt, dass bei gleicher Systemkonfiguration immer größere Datenmengen geladen werden können und umfangreiche Abfragen weniger Zeit benötigen würden. Eine ausführliche Gegenüberstellung verschiedener RDF-Stores findet sich in [Siehe Has+11].

Darüber hinaus wird auch von *Dimitrov* [Dim12] auf die Bedeutung von RDF-Stores (bzw. Triplestores) sowie ihre Vorzüge und Eigenschaften eingegangen. Auf diesen Erläuterungen beruht der nachfolgende Absatz. Es wird dort zunächst aufgezeigt, dass sich auch für Anwendungsszenarien des Business Intelligence Vorzüge bieten. Insbesondere lassen sich demnach Daten einfacher integrieren, da kein festes Schema zugrunde liegt und eine steigende Anzahl zu integrierender Quellen nicht automatisch zu einem stark wachsenden Aufwand führt, wie es bei traditionellen Integrationsansätzen der Fall wäre. Zumal ebenfalls hervorgehoben wird, dass sich der Performancevorteil bei relationalen Datenbanksystemen auch durch das festgelegte Schema ergibt. Ergänzend wird erwähnt, dass RDF-Stores auf etablierten Standards basieren: das RDF-Datenmodell, Inferenz und Anfragen, die mittels SPARQL auch komplex sein können, was insgesamt auch Vorzüge gegenüber den aufkommenden NoSQL-Datenbanken sind. [Zu diesem Absatz siehe Dim12, S. 146-153]

Insbesondere der Performancevorteil relationaler Datenbanksysteme aufgrund des festen Schemas fällt im EA-Szenario weniger ins Gewicht, da wie erläutert, umgekehrt von einem flexiblen Metamodell und beliebiger Integration neuer oder erweiterter Datenquellen ausgegangen wird.

Für die Merkmale „M7 - Priorisierung“ und „M8 - Kombination“ sind bestimmte Analysefähigkeiten erforderlich. Es müssen Auswertungen durchgeführt werden und verschiedene Informationen hierzu berücksichtigt werden. Insofern werden auch mathematische Funktionalitäten benötigt. So muss für Merkmal M7 eine Beurteilung ermöglicht werden, um eine Reihenfolge, z. B. für die abgeleiteten Handlungsfelder, vorzuschlagen. Für das letztere Merkmal (M8) ist die gleichzeitige Kombination verschiedener bestehender, detaillierter Informationen oder neu berechneter Informationen innerhalb einer Auswertung erforderlich.

Dieses wird etwa durch die verschiedenen Möglichkeiten zum Schlussfolgern von neuem Wissen auf Basis von Regeln (siehe Abschnitt 4.3.4) oder durch die Sprache SPARQL (siehe Abschnitt 4.3.5) ermöglicht. So beinhaltet etwa die Regelsprache von Apache Jena verschiede-

ne grundlegende Funktionen zur Berechnung von Werten, die zudem um weitere Funktionen ergänzt werden könnten [Siehe The18b]. Auch SPARQL<sup>1</sup> bietet, ähnlich zu SQL, grundlegende Berechnungsmöglichkeiten wie z. B. mathematische Operationen oder Aggregationsfunktionen direkt an [Siehe HS13]. Hierbei können verschiedene Informationen aus dem zusammengeführten RDF-Graphen zugegriffen und in der Auswertung flexibel kombiniert werden. Zudem müssen die SPARQL-Abfragen aufgrund des Reasonings nicht exakt den im Graphen enthaltenen Statements entsprechen [Siehe Dim12, S. 153].

Darüber hinaus könnten die Informationen nach ihrer Abfrage bei Bedarf auch außerhalb der beschriebenen Semantic-Web-Technologien genutzt und für Berechnungen verwendet werden. Insofern ist die Nutzung für Auswertungen sehr flexibel möglich.

Die Technologien des Semantic Web können somit insgesamt für den Einsatz im Rahmen der Vernetzung und Analyse bei einer EA als empfehlenswert angesehen werden. Sie bieten verschiedene Potenziale für solche Analyseansätze. Auch der Umgang mit quantitativen Informationen und deren Auswertung bzw. Verwendung in mathematischen Berechnungen wird durch diese Technologien unterstützt.

## 5.6 Übersicht über EA-Vernetzungsansätze mit Fokus auf das Semantic Web

In Kapitel 2 wurde deutlich, dass zum Thema Enterprise Architecture viel Literatur existiert. Demgegenüber wurde in Abschnitt 5.4 aufgezeigt, dass der Einsatz von Technologien des Semantic Web für das EAM aktuell noch wenig verbreitet ist. Die bestehenden Ansätze auf Basis der Semantic-Web-Technologien beziehen sich primär auf die Abbildung einer aggregierten EA oder auf die Vernetzung von Informationen. Als Fazit konnte in Abschnitt 5.5 jedoch festgehalten werden, dass diese Technologien auch für die EA-Analyse deutliche Potenziale bieten. Allerdings werden konkrete Analyseszenarien, wie sie später in Kapitel 6 Gegenstand sind, weniger oft von Ansätzen in einem ausführlichen Rahmen betrachtet.

Nachfolgend wird auf ausgewählte Ansätze aus Forschung und Literatur eingegangen, die Technologien des Semantic Web für die Vernetzung von EA-Informationen oder zur Abbildung einer EA einsetzen. Auswahlkriterien der Ansätze waren somit einerseits die Verwendung von Semantic-Web-Technologien und andererseits ein Fokus auf Vernetzung oder EA-Abbildung. Ziel ist es, den aktuellen Stand der Forschung darzustellen und Lücken zu identifizieren.

Zur Übersicht werden die Ansätze mit ihren wesentlichen Merkmalen in die Tabelle 5.1 eingeordnet. Für die Merkmale sind sechs Spalten vorgesehen. Die erste Spalte gibt an, ob ein Ansatz getrennt vorliegende Teilmodelle verbindet. Das zweite Kriterium ist die Angabe, ob der Ansatz die EA auf Konzeptebene betrachtet, wohingegen das dritte Kriterium erfasst, ob der Ansatz auch die Instanzebene unterstützt. In der vierten Spalte wird dargestellt, ob der Ansatz Datenwerte (z. B. Zeiten oder Kosten) explizit berücksichtigt und mit integriert. Es folgt eine subjektive Einschätzung aus Praxissicht über den Aufwand, der mit dem Ansatz verbunden ist. Abschließend wird erfasst, ob der Ansatz auf die Möglichkeit einer indirekten Vernetzung eingeht.

Pro Spalte ist eine Skala für den Grad der Unterstützung beziehungsweise den Grad der Erfüllung vorgesehen. Die konkreten Ausprägungen je Ansatz ergeben sich als Einschätzungen auf Basis der Erläuterungen in den jeweiligen Veröffentlichungen. Die Skala reicht von „vollständig

<sup>1</sup>An dieser Stelle und im Folgenden sei mit SPARQL die Version SPARQL 1.1 [Siehe HS13] verstanden.

unterstützt“, über „mittel“ bis hin zu „nicht gegeben“. Zudem gibt es die Option, dass keine Einschätzung aus der Veröffentlichung abgeleitet werden konnte.

Im Ansatz von *Osenberg, Langermeier* und *Bauer* [OLB15] besteht die Zielsetzung darin, eine EA mithilfe der Technologien des Semantic Web abzubilden und im Anschluss daran Analysen durchzuführen [Siehe OLB15, S. 668-669]. An dieser Stelle sei auf den Aspekt der Abbildung einer EA fokussiert. Die Analysefähigkeit wird hingegen später in Abschnitt 6.2.1 betrachtet.

Der Ausgangspunkt des nachfolgend wiedergegebenen Ansatzes von *Osenberg, Langermeier* und *Bauer* [OLB15] ist ein vorhandenes EA-Modell, welches als vollständig zusammenhängend aufgefasst werden kann. In ihrem Beispiel wird ArchiMate, eine Sprache zur Beschreibung einer EA [Vgl. LPJ09], als Basis für das Metamodell verwendet. Sie beschreiben zudem eine Schrittfolge wie dieses ArchiMate-EA-Modell in Konstrukte einer (OWL)-Ontologie überführt werden kann.[Zu diesem Absatz siehe OLB15, S. 671-672]

Bei Betrachtung des Ansatzes können folgende Aspekte festgehalten werden. Der Ansatz beschränkt sich auf die Ebene der Modellkonzepte. Weitergehende Eigenschaften der Konzepte oder Datenwerte und derartige Informationen finden keine Betrachtung. Die Annahme eines konsistenten EA-Gesamtmodells impliziert, dass auch die Modellinhalte konsistent und zusammenhängend vorliegen. Eine Vernetzung getrennter Teilmodelle unterschiedlicher Strukturen wird daher nicht thematisiert. Die Überführung in OWL erfordert zudem einen gewissen manuellen Aufwand.

Zusammenfassend können die Merkmale des Ansatzes in Tabelle 5.1 eingeordnet werden. Der Ansatz geht von einem konsistenten EA-Modell aus und beschreibt somit nicht die Zusammensetzung der EA aus getrennten Teilmodellen. Dafür geht der Ansatz ausführlich auf die Konzeptebene ein und erlaubt zudem den Umgang mit entsprechenden Instanzen. Datenwerte hingegen werden nicht betrachtet. Die Transformation des EA-Modells ist mit manuellem Aufwand verbunden, sodass in der Tabelle ein mittlerer Aufwand notiert ist. Eine indirekte Vernetzung von Elementen ist nicht Gegenstand des Ansatzes.

*Antunes, Barateiro, Caetano* und *Borbinha* [Ant+15] beschreiben einen Ansatz, mit dem bestehende Teilmodelle integriert werden können. Darauf basierend erfolgt eine Analyse der Datenbasis (siehe gesonderte Betrachtung in Abschnitt 6.2.1). Dieser Absatz beruht auf der Erläuterung des Ansatzes in ihrer Veröffentlichung. Die jeweiligen Teilmodelle beinhalten dem Ansatz folgend domänenspezifische Konzepte und Elemente, die in eine zentrale Ontologie mit domänenunabhängigen Konzepten integriert werden. Jede solche domänenspezifische Repräsentation wird mit der domänenunabhängigen Ontologie direkt gemappt. Als Mappings werden einfache Entsprechungen oder detailliertere Konstellationen auf Basis von Eigenschaften genannt. In einem Beispiel wird ArchiMate als domänenunabhängige Ontologie eingesetzt. Gegeben sind dazu bereits zahlreiche Instanzen, welche in das Modell eingeordnet und über die ArchiMate-Beziehungen verbunden sind. Daneben existieren in ihrem Beispiel spezielle Ontologien für domänenspezifische Inhalte, etwa Sensoren. Diese werden mit der zentralen Ontologie durch entsprechende Mappings verbunden. Auch auf Instanzebene sind direkte Entsprechungen zu definieren. Hierbei existieren sowohl Instanzen im domänenunabhängigen Modell als auch in den domänenspezifischen Modellen.[Zu diesem Absatz siehe Ant+15]

Auf die Abbildung der Modelle auf Ontologien wird dabei nicht ausführlich eingegangen. Das zentrale Modell im Ansatz kann dabei als ein in sich konsistentes und umfangreich verbundenes Modell angenommen werden. Zudem scheinen in diesem Modell bereits viele Instanzen, wie z. B. Prozesse und Applikationen, enthalten zu sein und nicht aus dedizierten Teilmodellen zugesteuert zu werden.

In der Tabelle 5.1 ist der Verbund von Teilmodellen als eingeschränkt vorhanden gekennzeichnet, da ein Großteil der EA-Informationen durch das zentrale Modell gegeben ist, welches ein konsistentes EA-Modell darstellt. Die Teilmodelle reichern es nur durch einzelne domänenspezifische Informationen an. Konzepte und Instanzen werden gleichermaßen thematisiert. Datenwerte können über die domänenspezifischen Modelle eingebunden werden. Wobei nicht auf Fragen der Dateneinheiten oder Konvertierungen eingegangen wird. Für die Formalisierung und das Erstellen der Mappings ist ein entsprechender Aufwand erforderlich, insbesondere auch für das Herstellen der direkten Bezüge. Eine indirekte Vernetzung wird im Ansatz nicht thematisiert.

Ein weiterer Ansatz stammt von *Ortmann, Diefenthaler, Lautenbacher, Hess und Chen* [Ort+14] und wird nachfolgend skizziert. Auch sie nutzen Technologien des Semantic Web, um eine EA abzubilden. Hierzu wird von ihnen ein aus mehreren Teilschritten bestehendes Vorgehen vorgeschlagen. Sie gehen dabei nicht von einem bereits bestehenden EA-Modell aus, sondern beginnen mit der Identifikation relevanter Datenquellen. Es ist dann explizit die Semantik mittels OWL für jede Datenquelle einzeln zu formulieren. Dabei wird jedoch davon ausgegangen, dass nur zentrale, aggregierte Elemente in die EA übernommen werden. Im Anschluss werden die Daten umfangreich miteinander vernetzt. Dies erfolgt beliebig zwischen den Datenquellen und ihren Elementen. Schließlich ergibt sich hieraus die Datenbasis als Ergebnis. Diese wird um Konzepte und Elemente eines bestehenden EA-Modells angereichert und vervollständigt, um typische EA-Elemente bei Bedarf zu ergänzen.[Zu diesem Absatz siehe Ort+14, S. 617-622] Auf die dann folgende Möglichkeit der Analyse wird innerhalb der vorliegenden Arbeit gesondert in Abschnitt 6.2.1 eingegangen.

Auch dieser Ansatz wird in Tabelle 5.1 eingeordnet. Es werden explizit verschiedene Teilmodelle als Ausgangspunkt verwendet und diese durch den Ansatz zu einer Datenbasis verbunden. Dabei werden sowohl die Konzept- als auch die Instanzebene explizit adressiert. Datenwerte werden hingegen nicht betrachtet. Insgesamt bedeutet die umfangreiche Vernetzung einen potenziell nicht zu vernachlässigenden Aufwand, insbesondere da direkte Verbindungen umfangreich definiert werden müssen. Die Formulierung des EA-Modells erfolgt dabei mittels individuell abgestimmter Konstrukte, was entsprechendes Expertenwissen für die Definition voraussetzt. Das Vokabular ergibt sich dabei auf Basis der in den Datenquellen beschriebenen Daten, eventuell angereichert um weitere übliche EA-Konzepte. Eine indirekte Vernetzung findet nicht statt.

Die folgenden Ausführungen beruhen auf dem Ansatz von *Bakhshadeh, Morais, Caetano und Borbinha* [Bak+14], bei dem der Fokus auf der Transformation eines EA-Modells liegt. Es wird vorausgesetzt, dass das Modell in einer mittels ArchiMate beschriebenen Form vorliegt. Das Vorgehen beschreibt, wie die Bestandteile des ArchiMate-Modells (gegeben durch eine XML-Repräsentation) in OWL-Konstrukte überführt werden können. Auch die Instanzen werden entsprechend in OWL überführt.[Zu diesem Absatz siehe Bak+14]

Der Fokus des Ansatzes wirkt sich auch auf die Einordnung in die Tabelle 5.1 aus. Es findet keine Vernetzung unabhängiger Teilmodelle statt, sondern es wird von einem konsistenten Modell (beschrieben in ArchiMate) ausgegangen. Konzepte und Instanzen werden jedoch berücksichtigt, wohingegen Datenwerte nicht betrachtet werden. Der notwendige Aufwand kann als gering unter den gegebenen Rahmenbedingungen bezeichnet werden, da die Überführung weitgehend eindeutig und automatisiert erfolgen kann. Eine indirekte Vernetzung ist nicht im Fokus des Ansatzes.

Die Autoren des Ansatzes aus [Bak+14] und die Autoren des neueren Ansatzes in [BPB16] überschneiden sich. Auch inhaltlich ist die Weiterführung erkennbar. In [BPB16] wird ein Ansatz zum Matching jeweils zweier EA-Modelle beschrieben, am Beispiel von Modellen der

Sprachen ArchiMate und BPMN. Der Ansatz stellt dabei auf die Heterogenität der Modelle ab, zudem adressiert er die Konzeptebene und speziell auch die Ebene der Instanzen, da konkrete Verbindungen zwischen Instanzen hergestellt werden. Die Modelle sind dazu jeweils in eine OWL-Ausprägung zu transformieren. Mittels Ontology Matching wird im Ansatz auf Basis der Elementnamen bzw. leicht abgewandelten Bezeichnungen (etwa durch Synonyme) nach Gleichheiten und Ähnlichkeiten zwischen Elementen der beteiligten Modelle gesucht. Zahlenwerte dienen dabei zur Bewertung der gefundenen Relationen.[Zu diesem Absatz siehe BPB16]

Auch dieser Ansatz kann in die Tabelle 5.1 eingeordnet werden. Es wird in diesem Ansatz explizit darauf eingegangen, verschiedene Modelle basierend auf unterschiedlichen Sprachen zu verbinden. Es werden somit Teilmodelle verbunden. Allerdings erfolgt dies unter der Annahme, dass die zentralen Elemente für die Verbindungen (Gleichheits- oder Unterklassen-Beziehungen) in beiden Modellen vorliegen würden. Es erfolgt somit eine direkte Vernetzung. Eine indirekte Vernetzung für den Fall, dass die Teilmodelle konzeptionell weitgehend unabhängig sind und keine umfangreichen Bezüge existieren, erfolgt nicht. Es werden sowohl die Konzept- als auch die Instanzebene angesprochen. Datenwerte sind nicht Gegenstand der Betrachtung. Der Ansatz beinhaltet sowohl automatisierte als auch manuelle Aktionen. So sollte nach der Ermittlung des Matchings eine inhaltliche Kontrolle manuell erfolgen, ob die gefundenen Verbindungen auch tatsächlich realisiert werden sollen. Andererseits sind einige Teilschritte, wie z. B. das Auffinden von Namensähnlichkeiten, gut automatisierbar. Die Verbindungen erfolgen dabei stets zwischen zwei Modellen. Bei mehreren Modellen sind entsprechend mehrere Matchings zwischen den beteiligten Modellen vorzunehmen. Insgesamt wird ein geringer bis mittlerer Aufwand für den Ansatz angenommen.

*Chen, Hess, Langermeier, Stuelpnagel* und *Diefenthaler* [Che+13] verwenden ebenfalls semantische Technologien, um bestehende EA-Datenquellen miteinander zu verbinden. Auf die darauf aufbauenden Analysen wird wiederum in Abschnitt 6.2.1 eingegangen. Es sei angemerkt, dass sich die Autorengruppen von [Che+13] und [Ort+14] überschneiden.

Nachfolgend erfolgt die Erläuterung des Ansatzes auf Basis von [Che+13]. Im Ansatz wird das Metamodell von einer der beteiligten Datenquellen als globales Metamodell ausgewählt, mit dem alle anderen Datenquellen verknüpft werden. Entsprechende Mappings der Elemente und ihrer Eigenschaften sind hierzu zu definieren. Ihr Vorgehen sieht des Weiteren die Formalisierung der Metamodelle und Modelle jeder Datenquelle in OWL vor. Eine vereinfachte Teilmenge der Informationen wird dann jeweils bereitgestellt und in einer gemeinsamen Datenbasis zusammengeführt. Hierzu sind Mappings abzuleiten, um entsprechende Klassen und Eigenschaften aufeinander abzubilden.[Zu diesem Absatz siehe Che+13]

Im Ansatz werden nicht die vollständigen Informationen der Datenquellen übernommen, sondern es werden nur abstrahierte Modellelemente in die EA-Datenbasis eingefügt. Die Elemente der verschiedenen Quellen werden dabei umfangreich direkt vernetzt, eine indirekte Entkopplung wird nicht beschrieben. Es ist zugleich anzunehmen, dass jenes globale Metamodell hinreichend vollständig definiert sein sollte, um andere Datenquellen aufzunehmen. Somit kommen eher Metamodelle in Betracht, die eine EA bereits konzeptionell abdecken, anstelle spezieller Domänen-Teilmodelle.

Wie in der Tabelle 5.1 zusammengefasst ist, geht der Ansatz von verschiedenen Datenquellen aus, die zu einer EA-Datenbasis verbunden werden. Es werden sowohl Konzepte als auch Instanzen berücksichtigt, wobei nur eine Teilmenge relevanter Informationen in die EA-Datenbasis eingehen wird. Datenwerte werden nicht explizit im Ansatz berücksichtigt. Hinsichtlich des benötigten Aufwands sind Formalisierungen und umfangreiche Mappings erforderlich. Die

Mappings können teilweise automatisiert abgeleitet werden, sind aber manuell anzureichern und zu überarbeiten. Die Beschreibungen der Mappings erfolgen unmittelbar auf Konzept- bzw. Instanzebene. Eine indirekte Vernetzung zur Entkopplung wird nicht betrachtet.

**Tabelle 5.1:** Übersicht Ansätze EA-Abbildung/-Vernetzung

	Verbund von Teilmodellen	Konzeptebene	Instanzebene	Datenwerte	Geringer Aufwand	Indirekte Vernetzung
[OLB15]	○	●	●	○	●	○
[Ant+15]	●	●	●	●	●	○
[Ort+14]	●	●	●	○	●	○
[Bak+14]	○	●	●	○	●	○
[BPB16]	●	●	●	○	● – ●	○
[Che+13]	●	●	●	○	●	○

● = vollständig; ● = mittel; ○ = nicht gegeben; . = unbekannt/ Angabe nicht möglich

Werden die vorgestellten Ansätze insgesamt betrachtet (vgl. Tabelle 5.1), so fällt auf, dass nicht immer die Integration verschiedener Teilmodelle im Fokus steht. Dann wird von einem konsistent definierten, bereits zusammengefassten EA-Modell ausgegangen. Wobei aus Praxis-sicht festzuhalten ist, dass in der Regel verschiedene Datenquellen bereits existieren (siehe Abschnitt 5.2), die für einen vereinfachten EA-Aufbau eingebunden werden könnten. Zudem wäre so die Übernahme der jeweils aktuellen Daten, mit einem entsprechenden Detailgrad, sichergestellt. Insofern besteht hierbei Potenzial für Ansätze, um aufzuzeigen, wie bestehende Datenquellen mit ihren Details eingebunden werden können.

Die Betrachtung der Ansätze ergab zudem, dass sowohl die Konzeptebene als auch die Instanzebene verbreitet berücksichtigt wird. Eine Lücke besteht jedoch bezüglich der expliziten Aufnahme von Datenwerten in die Informationsbasis. Die Ansätze betrachten die Datenwerte, inklusive ihrer Einheiten und Wertangaben, überwiegend nicht. Für weiterführende Analysen ist das Vorhandensein dieser Informationen in der EA jedoch nützlich, um sie bei Auswertungen direkt nutzen zu können. Dies stellt somit einen Aspekt dar, der in vielen Ansätzen fehlt.

Zudem wurde jeweils kurz auf den benötigten Aufwand etwa zur Überführung der Daten oder der Definition der Mappings eingegangen. In vielen Fällen ist hierbei manueller Aufwand notwendig, der je nach Ansatz variieren kann. Etwa in Abhängigkeit davon, wie aufwendig direkte Verbindungen erstellt werden müssen oder wie technisch die Mappings zu definieren sind. Es soll an dieser Stelle bewusst keine absolute Betrachtung des Aufwands erfolgen. Dennoch sei auf den Umstand hingewiesen, dass Integrationsansätze mit Aufwand verbunden sind. Insofern ist die Frage relevant, wie aufwendig es für Nutzer ist, z. B. Mappings herzustellen. Ebenfalls ist es relevant, auf welcher Ebene die Mappings definiert werden. So etwa auf niedriger Ebene in einer ähnlichen Form, wie auch die Elemente formalisiert sind. Oder sie werden hingegen auf höherer Ebene definiert, mit einer abstrakteren Beschreibung der Mappings und einer späteren internen Umsetzung. Auch die Formalisierung der EA-Ontologie bedingt den Aufwand. Einige Ansätze basieren auf bestehenden Ontologien, andere erfordern deren vorherige Beschreibung. Das konsistente Ausarbeiten einer Ontologie, inklusive aller Konzepte und Verbindungen, kann wie erläutert aufwendig sein (siehe Abschnitt 5.2.1). Zudem erfordert die Definition mittels z. B. OWL neben den EA-Modellierungskennntnissen auch ein technisches Verständnis.

Eine indirekte Vernetzung ist bei keinem der betrachteten Ansätze Gegenstand gewesen. Soweit Teilmodelle verbunden worden sind, wurden die Konzepte und Elemente direkt in

die EA eingebunden bzw. untereinander vernetzt. Somit wird implizit vorausgesetzt, dass die Modellelemente überwiegend gut verbunden vorliegen, und dass sie in den verschiedenen Teilmodellen übereinstimmend vorkommen.

Einen Vernetzungsansatz für einen konkreten Anwendungsfall aus der Praxis präsentieren etwa *Schirmer, Drews, Saxe, Baldauf* und *Tesse* [Sch+16], worauf dieser Absatz beruht. Ziel ist die Integration von „Internet of Things“-Technologien in die EA der Hamburger Behörde für das Hafenmanagement. Im konkreten Fall geht es um Infrastruktur-Elemente des Hamburger Hafens, ausgestattet mit verschiedenen Messsensoren. Es wird dort zudem beschrieben, wie das bestehende EA-Metamodell erweitert werden müsste, um die relevanten Konzepte ebenfalls zu dokumentieren. Daneben wird ein Konzept eingeführt, mit dem ein externes Verwaltungssystem für die Detailinformationen jener Infrastruktur-Elemente mit der EA verbunden werden kann.[Zu diesem Absatz siehe Sch+16]

Dieses Konzept dient jedoch nur der Anbindung des Verwaltungssystems und der dahinter liegenden Modelle bzw. Informationen. Andere Teilmodelle werden über dieses Konzept nicht angebinden. Vielmehr wird von einer vorhandenen EA ausgegangen, die um die „Internet of Things“-Technologien erweitert wird. Die mit den Sensoren verbundenen Datenwerte verbleiben in dedizierten Systemen und werden von ebensolchen außerhalb der EA verarbeitet. Die Umsetzung des Ansatzes erfolgt ohne Verwendung von Technologien des Semantic Web.

Das Beispiel verdeutlicht die praktische Relevanz der Ergänzung einer EA um zusätzliche Informationen in Form vorhandener Datenquellen.

## **5.7 Vernetzungskonzept auf Basis der Technologien des Semantic Web in der Übersicht**

### **5.7.1 Hintergrund des Vorgehens zur Vernetzung**

Im Abschnitt 5.2.1 wurde bei den Herausforderungen betrachtet, dass der manuelle Aufbau einer EA mit viel Aufwand verbunden ist. Dadurch können sich nachteilige Effekte hinsichtlich der Datenqualität und -aktualität sowie der Akzeptanz von den Beteiligten ergeben. Insofern motiviert dies die direkte Zusammenführung der im Unternehmen bestehenden Domänenmodelle in einer EA. Wie Abschnitt 2.1.2 verdeutlicht hat, gibt es hierbei eine breite Vielfalt unterschiedlicher Teilmodelle in den Unternehmen. Sie verfügen dabei über eigene Begrifflichkeiten, werden durch abweichende Personen verantwortet und ihre Informationen sind inhaltlich meist nicht über Domänengrenzen hinweg koordiniert. Ebenfalls können sie in verschiedenen Formaten und Werkzeugen abgebildet sein, was zu berücksichtigen ist. Das Vernetzen ist somit ein komplexer Vorgang.

Gleichwohl sichert die Betrachtung eines breiten Spektrums von Perspektiven den übergreifenden Nutzen der EA-Initiative. Zugleich werden die beteiligten Domänen auf der EAM-Ebene mit eingebunden, da einerseits individuelle Gegebenheiten der Domänen berücksichtigt werden und andererseits Untersuchungen aus Gesamtsicht erfolgen (vgl. Abschnitt 2.1.2.1).

Ein weiterer Vorteil der direkten Nutzung der Detailmodelle ist die mögliche Reduzierung eventueller Widerstände. Wie in Abschnitt 5.2.2 erläutert, könnten solche bestehen, wenn eine zentrale EA die Entscheidungsautonomie der Domänen reduzieren würde. Eine Kombination der detaillierten Datenquellen würde die Grundlage bilden, um aus den Domänen statt reinen Informationslieferanten nun aktiv Beteiligte zu machen. Die Domäneninformationen bleiben, wie auch in Abschnitt 5.3 im Rahmen der Beschreibung verschiedener Merkmale für ein solches Verfahren angedeutet, die Primärquellen. Sie stellen damit auch die unmittelbare Grundlage für

die Entscheidungen auf EAM-Ebene dar. Anstatt *über* die Domänen zu entscheiden, wird *mit* den Domänen gemeinsam entschieden.

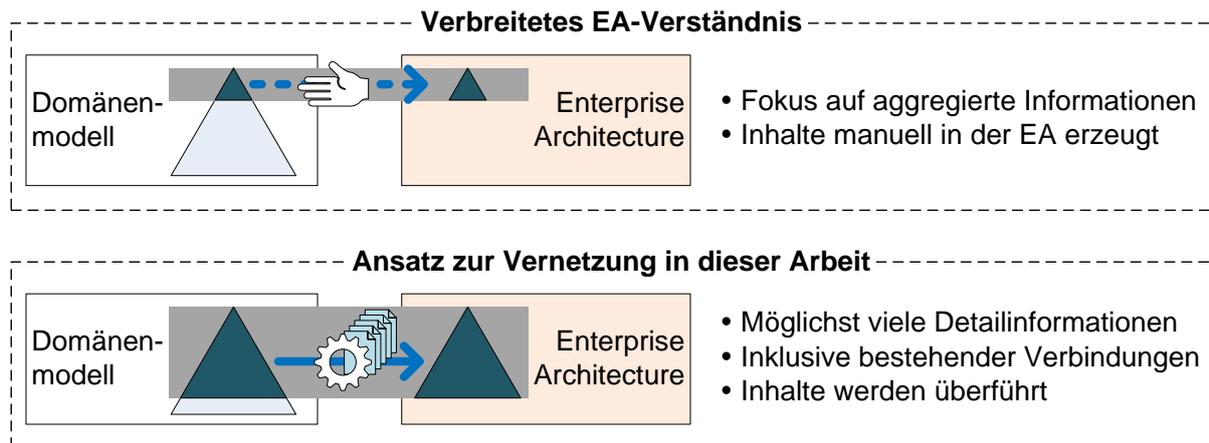
Ebenfalls wurde in Abschnitt 5.2.1 auf die Sichtweise eingegangen, dass Vorgehen mit automatisierten Verfahren Vorzüge bieten können. So würde für die Domänen kein hoher manueller Aufwand anfallen, der sich eventuell negativ auf die Akzeptanz auswirken würde. Zugleich positioniert sich die EA nicht als weiteres, für sich selbst stehendes Datensilo. In der vorliegenden Arbeit wird stattdessen angestrebt, dass die EA nur eine integrierte Sicht auf die verschiedenen Informationsbestände bereitstellt. Dazu gehört auch, dass der üblicherweise für die Erstellung des EA-Metamodells vorab anfallende Aufwand reduziert werden soll. Ebenfalls wurden bereits Ansätze, die eine lose Kopplung der Teilmodelle ermöglichen (siehe Abschnitt 5.2.2), als hilfreich identifiziert. Die lose Kopplung soll auch die getrennte Weiterentwicklung der Modelle erlauben und ebenso die Integration in die kombinierte EA-Datenbasis erleichtern. Zudem kann es unterschiedliche Stände der Datenqualität und Konsistenz in den dezentral verwalteten Domänenmodellen geben [Vgl. LL14, S. 114-115]. Dies gilt es dann bei der Integration, falls notwendig, zu berücksichtigen.

Dabei ist es das Ziel des vorliegenden Ansatzes, möglichst viele detaillierte Informationen zu integrieren, um später umfangreiche und aussagekräftige Analysen (siehe Kapitel 7) zu ermöglichen. Gleichzeitig sollen die auf Detailebene vorhandenen Verbindungen zwischen den Elementen mit übernommen werden, ohne dass aufwendig und vollständig Mappings erstellt werden müssten. Es sei herausgestellt, dass folglich die Elemente auf der Ebene der EA nicht manuell erstellt werden. Außerdem sind dadurch die aktuellen Daten der Detailmodelle verfügbar, was die Datenqualität und -aktualität verbessert. Dieses adressiert zugleich etwa auch die in Abschnitt 5.2.2 benannte Herausforderung aus Forschungssicht, dass gewöhnlich die detaillierten Daten aufgrund der unterschiedlichen Granularität nur schwierig in die abstrakte EA übernommen werden können.

Somit ergibt sich auch die Verortung des Ansatzes, der sich an das Unternehmen als Gesamtsystem richtet. Dies entspricht dem zweiten Fall der in Abschnitt 2.1.2.1 gemäß [Siehe Lap12] vorgestellten groben Einordnung. Ein Fokus primär auf die IT (erster Fall) wäre dagegen aus Sicht des Autors dieser Arbeit nicht ausreichend. Eine aktive Berücksichtigung und Beeinflussung des externen Umfelds vom Unternehmen (dritter Fall) ist für den vorliegenden Ansatz durch Einbeziehen entsprechender Inhalte denkbar. Wenngleich dies einen erheblichen Anteil an Koordinations- und Managementtätigkeiten erfordert, sodass diese dritte Ausrichtung nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit steht.

Abbildung 5.2 stellt diesen skizzierten, neuen Ansatz dem verbreiteten EA-Verständnis schematisch gegenüber. Wie in Abschnitt 2.1.4.1 erläutert und dort in Abbildung 2.4 nach [Siehe WF07, S. 9] visualisiert, gehen im verbreiteten EA-Verständnis lediglich hoch aggregierte Informationen in die EA ein. Zudem werden diese in der Regel manuell neu in der EA erzeugt. Diese Aspekte sind in der Abbildung 5.2 (obere Bildhälfte) vereinfacht dargestellt. In der unteren Bildhälfte ist für den Ansatz der vorliegenden Arbeit angedeutet, dass möglichst viele Detailinformationen und Zusammenhänge in die EA übernommen werden sollen. Wobei es durchaus Gründe geben kann, nicht den vollständigen Datenbestand zu überführen (z. B. keine Vertragsdaten). Zudem wird eine Unterstützung bei der Überführung angestrebt, sodass die Daten nicht manuell neu erstellt werden müssen.

Gänzlich auf Mappings von Konzepten kann dabei nicht verzichtet werden, denn die verschiedenen Terminologien sollen von einer einfach strukturierten, gemeinsamen Begriffsebene überdeckt werden. Die entsprechenden Mappings müssen natürlich definiert werden. Nach der initialen Definition erfolgt dies nur noch für neue Quellen, oder wenn sich die Struktur einer



**Abbildung 5.2:** Unterscheidung des verbreiteten EA-Verständnisses und des neu beschriebenen Vernetzungsansatzes bezüglich der Zusammenstellung einer EA (Quelle: Eigene Darstellung)

Quelle verändert. Andererseits soll die Definition der Mappings einfach sein. Dies könnte bei Bedarf durch fortgeschrittene Matching-Algorithmen unterstützt werden, wie z. B. mit Verfahren, wie sie in [Siehe ES13] beschrieben werden. Wenngleich ein vollautomatisches Herstellen aller Mappings nicht wahrscheinlich ist, da mindestens für bestimmte Anwendungskontexte ein bestimmtes Maß an Fachlichkeit erforderlich ist, was ein Nutzer durch seine Interaktion einbringen kann.

Des Weiteren ist anzustreben, dass die neue EA-Datenbasis frühzeitig(er) nutzbar und für die Stakeholder zugreifbar ist. Um somit frühzeitig einen Nutzen für die Beteiligten zu generieren (siehe Abschnitt 5.1), was auch die Akzeptanz der EA im Unternehmen stärken kann. Das kann sich positiv auf die Fortentwicklung der EAM-Initiative im Zeitverlauf auswirken.

Als eine geeignete technisch-konzeptionelle Basis konnten im Abschnitt 5.5 die Technologien des Semantic Web identifiziert werden. Sie ermöglichen es, die zuvor erläuterten Merkmale an ein EA-Vorgehen zur Vernetzung und Analyse (siehe Abschnitt 5.3) zu erfüllen. Aus diesem Grund werden die Technologien des Semantic Web für den vorliegenden Ansatz zur Vernetzung (dieses Kapitel) und zur Analyse des Handlungsbedarfs (Kapitel 7) eingesetzt.

### 5.7.2 Schritte des Vernetzungsvorgehens

In diesem Abschnitt wird das Verfahren zur Vernetzung grob skizziert, welches als Basis für die weitergehende Analyse insgesamt dient. Das Verfahren berücksichtigt das EA-Verständnis, wie es in Abschnitt 2.1.2.4 skizziert wurde. Im Mittelpunkt steht die ganzheitliche Betrachtung detaillierter Informationen, die in verschiedenen Datenquellen existieren und im Rahmen einer übergreifenden EA-Sicht integriert werden sollen.

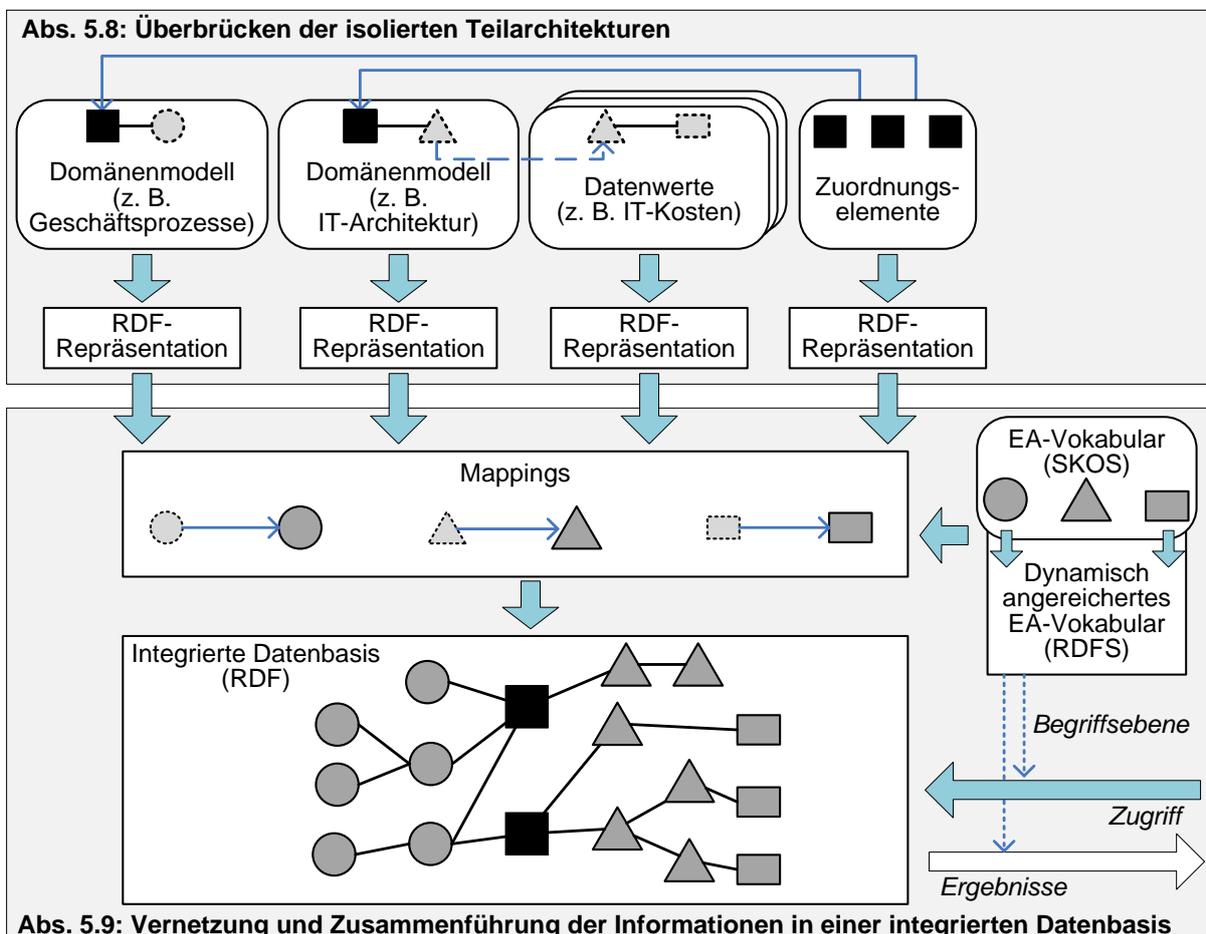
Dieser Gesamtzusammenhang ist in Abbildung 5.3 visualisiert. Das aktuelle Kapitel fokussiert auf die Vernetzung, bevor in Kapitel 6 die Analyse allgemein und im Kapitel 7 die Analyse vor dem Hintergrund der Ableitung des Bedarfs an Handlungen betrachtet wird.



**Abbildung 5.3:** Kapitelstruktur - Kapitel 5: Fokus auf Vernetzung (Quelle: Eigene Darstellung)

Ein Zwischenstand des hier beschriebenen Vernetzungskonzepts wurde im Rahmen der Konferenz „BIS 2016“ (International Conference on Business Information Systems) präsentiert, siehe Veröffentlichung in [SS16]. Der Autor der vorliegenden Arbeit verantwortete dabei die Konzeption des Vernetzungsansatzes und die Entwicklung des ersten Prototyps. Die nachfolgende Darstellung des Konzepts stellt eine konzeptionell und technisch weiter ausgearbeitete sowie weiterentwickelte Fassung gegenüber jener Veröffentlichung dar.

Das Vorgehen zur Vernetzung ist in Abbildung 5.4 gesamthaft dargestellt. Die Erläuterungen verteilen sich wie skizziert auf die folgenden Abschnitte. Der Abschnitt 5.8 fokussiert auf die Einbindung stabiler Zuordnungselemente als Mittel der indirekten Verbindung und auf die Übertragung der Datenquellen in das neutrale Datenmodell RDF. Der Abschnitt 5.9 führt das EA-Vokabular als Begriffsebene oberhalb der Datenquellen-Terminologien ein und erläutert, wie die Informationen in der integrierten Datenbasis zusammengeführt werden. Der Integrationsansatz macht dabei vielfach Gebrauch von den Technologien des Semantic Web. Dadurch wird ein effizientes Vorgehen ermöglicht, welches die Informationen aktuell aus den Quellen erhält oder dort abrufen kann.



**Abbildung 5.4:** Ablauf der Vernetzung (Quelle: In Anlehnung an [SS16, S. 280], inhaltlich erweitert)

Die integrierte Datenbasis steht später für verschiedene Nutzungsszenarien zur Verfügung und bietet eine kombinierte, übergreifende Sicht auf die enthaltenen Daten. Ein Szenario ist dabei die Analyse, die im Fokus der vorliegenden Arbeit steht.

Die Zuordnungselemente stellen einen wesentlichen Bestandteil des Vernetzungsansatzes dar (siehe Unterabschnitte 5.8.1 und 5.8.2). Denn wie bereits beim Hintergrund des Vorgehens

zuvor erläutert, können die Teilmodelle der Domänen allgemein als isoliert, also ohne umfangreiche Verbindungen untereinander, angesehen werden. Auch ihre Begriffswelten können als abweichend angenommen werden. Dennoch hat der Ansatz das Ziel, keine extra erstellte EA neben den Teilmodellen manuell aufzubauen, sondern den Aufwand durch direkte Übernahme der bestehenden Detailinformationen zu reduzieren. Um diese Modelle mit wenig Aufwand und robust gegenüber Änderungen zu verbinden, kommt die indirekte Verbindung mittels der Zuordnungselemente zum Einsatz.

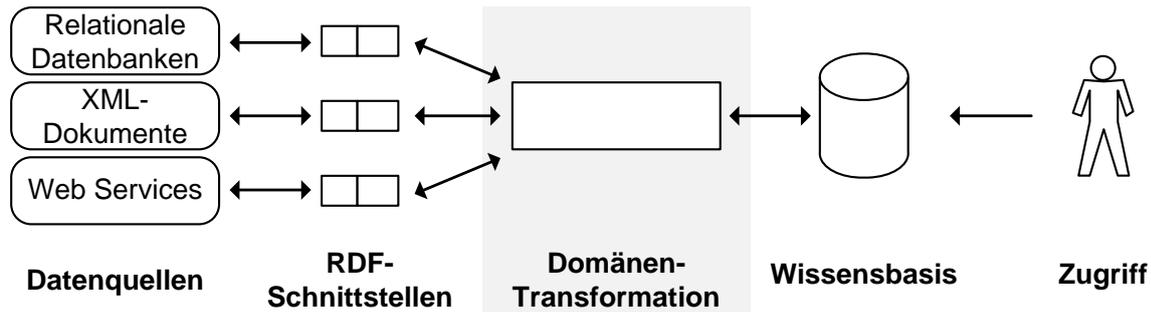
Es sei explizit darauf hingewiesen, dass durch dieses Vorgehen nicht zwingend direkte Verbindungen zwischen den Elementen verschiedener Teilmodelle entstehen. Eine 1:1-Verknüpfung von z. B. Prozessaktivität zu IT-System wird somit allgemein nicht in der Datenbasis direkt enthalten sein, sondern nur transitiv über die Indirektstufe abfragbar sein. Die Struktur richtet sich dabei nach der Wahl des Abstraktionsgrades der Indirektstufe und sonstiger eventuell zusätzlich definierter Verbindungen. Als Vorteil steht demgegenüber die Tatsache, dass vormals isolierte Teilmodelle mit vergleichsweise wenig Erst- und Pflegeaufwand verknüpft und somit kombiniert ausgewertet werden können. Für grundlegende Nutzungsszenarien wie die Ableitung von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 7) ist dieses ausreichend. Existieren andererseits solche direkten Verbindungen bereits in den Teilmodellen, sollten diese selbstverständlich mit übernommen werden.

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil des Ansatzes ist das schmale EA-Vokabular (siehe Unterabschnitt 5.9.1) anstelle eines vollumfänglichen, zeit- und arbeitsintensiv erstellten EA-Metamodells. Auf die Herausforderung der üblicherweise aufwendigen Erstellung eines solchen EA-Metamodells wurde in Abschnitt 5.2.1 bereits hingewiesen. Mit dem EA-Vokabular soll auch die Flexibilität erhöht werden, wenn es zu Veränderungen der EA-Terminologie bzw. des Begriffsverständnisses kommt. Das Vokabular kann diese Veränderungen flexibel übernehmen. Es dient somit der Integration und zugleich dem Zugriff auf die integrierte Datenbasis. Insbesondere kann das Vokabular, unter Berücksichtigung anzupassender Mappings, getauscht werden.

Die Mappings wirken auch in die andere Richtung. Sie erlauben durch Anpassung auch die Reaktion auf geänderte Metamodelle der Datenquellen, was ebenfalls vorkommen kann (siehe Abschnitt 2.1.2.2).

Auf technischer Ebene kann zum in Abbildung 5.4 dargestellten Konzept ein etabliertes Vorgehen im Umfeld von Semantic-Web-Anwendungen gewählt werden, wie es stellvertretend von *Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Siehe Heb+09] erläutert wird. Dieser Absatz beruht auf ihren Ausführungen zur Integration verschiedener Datenquellen in einer Wissensbasis. Abbildung 5.5 visualisiert dies zudem gemäß [Siehe Heb+09, S. 468]. Es werden zunächst verschiedenartige Quellen jeweils in eine RDF-Repräsentation überführt. Danach werden bestimmte Transformationen spezifisch für das jeweilige Anwendungsgebiet durchgeführt, um die Informationen in einem Modell zugreifbar zu machen. Diese Wissensbasis ist dann der zentrale Zugriffspunkt durch die Benutzer.[Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 468-469]

Insgesamt ist der Ansatz allgemein ausgelegt. So werden kein EA-Framework (siehe Abschnitt 2.1.4.1) oder bestimmte Elemente in den Datenquellen vorgeschrieben. Dadurch sind dem Ansatz andererseits keine Bedeutungen von einzelnen Konzepten direkt bekannt, wie z. B. „Aktivität“ oder „IT-System“. Das EA-Vokabular und dessen später erläuterte Anreicherung stellt jedoch eine maschinenlesbare Verwendung der Datenbasis sicher. Zugleich können Benutzer mit den Vokabularbegriffen auf die Datenbasis zugreifen. Dies korrespondiert mit dem in Abschnitt 4.2 erläuterten Verständnis des Semantic Web, wonach die Systeme nicht die genaue inhaltliche Bedeutung eines Konzepts „verstehen“ müssen.



**Abbildung 5.5:** Etablierte Architektur im Kontext des Semantic Web zur Integration verschiedener Datenquellen in eine Wissensbasis (Quelle: Nach [Heb+09, S. 468])

Es werden somit keine festen Annahmen über die Informationen vorab getroffen. Der generische Ansatz kann dadurch eventuell weniger optimiert werden, verglichen mit alternativen Ansätzen oder Systemen, die mit bestimmten Festlegungen arbeiten. Ein Beispiel ist die Gegenüberstellung von relationalen Datenbanken und RDF-Stores zuvor (siehe Abschnitt 5.5). Die Vorzüge der Flexibilität wiegen jedoch diese Nachteile aus der Sicht der vorliegenden Arbeit auf.

Eine Analogie aus dem Alltag kann hierzu identifiziert werden. Es soll eine Fahrt im Nahverkehr von einem Start A zu einem Ziel B erfolgen (entspricht den Abhängigkeitsbetrachtungen einer EA). Dann ist es sehr effizient, die kürzeste Route und deren Verkehrsmittel unmittelbar auswendig zu kennen. Ist dieses Wissen nicht gegeben, aber der Netzplan der Stadt bekannt (entspricht dem EA-Modell), so kann mit etwas Aufwand eine geeignete Verbindung ermittelt werden. In einer fremden Stadt hingegen hilft das Wissen über den Netzplan der eigenen Stadt nicht weiter. Es werden dann die allgemeinen Kenntnisse zum Lesen eines Netzplans angewendet. Im Idealfall kann eine Verbindung identifiziert werden, die vielleicht nicht optimal ist, aber zum Ziel führt. Mit steigendem Wissen über das zugrunde liegende Modell könnte die Fahrt effizienter geplant werden.

Analog ist es auch im vorliegenden Fall. Der Ansatz zielt auf eine generische Unterstützung der Vernetzung und Analyse von EA-relevanten Informationen ab. Ansätze mit genau festgelegten Strukturen können gezielt optimiert werden, bieten dadurch aber weniger Flexibilität. Unterstützung können dabei technische Systeme liefern, ebenso wie für die Verbindungssuche im Nahverkehr. Sie bieten dem Benutzer eine Schnittstelle, um seine Anfrage zu stellen und das Ergebnis zu ermitteln, wobei die Komplexität der Ergebnisermittlung für den Benutzer nicht ersichtlich ist. Auch im Fall der vorliegenden Arbeit wird eine prototypische Umsetzung zum Nachweis der Realisierbarkeit angestrebt (siehe Kapitel 8), womit der Benutzer seine Analysen auf Basis der integrierten Datenbasis durchführen kann, ohne die volle Komplexität des EA-Modells berücksichtigen zu müssen.

Es kann zusammenfassend festgehalten werden, dass der technische Teil des skizzierten Vorgehens somit auf etablierten Bausteinen des Semantic Web (siehe Abschnitt 4.3) aufbauen kann, ebenso wie auf erprobten Best-Practice-Szenarien [Stellvertretend vgl. Heb+09]. Der konzeptionelle Teil des skizzierten Vernetzungsvorgehens im EA-Umfeld ist jedoch bezüglich der erwähnten Merkmale (siehe Abschnitt 5.3) in dieser Ausprägung noch nicht in bisherigen Ansätzen vergleichbar realisiert worden. Dies zeigt auch der Überblick über verwandte Arbeiten in Abschnitt 5.6. So wurde dort eine Lücke hinsichtlich der Berücksichtigung von Datenwerten festgestellt. Auch steht oft nicht die Integration verschiedener Teilmodelle im Fokus. Eine indirekte Vernetzung wurde zudem in keinem Ansatz explizit benannt.

## 5.8 Überbrücken der isolierten Teilarchitekturen

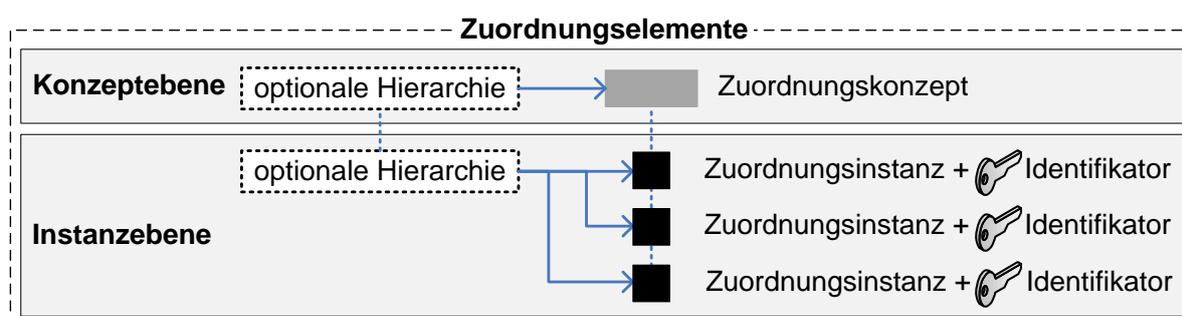
Dieser Abschnitt beschreibt, wie der Ansatz die bisher isolierten Informationsbestände unter Verwendung von Zuordnungselementen überbrücken kann. Hierzu wird zunächst erläutert, welche Aspekte bei der Festlegung von Zuordnungselementen relevant sind. Im Anschluss wird aufgezeigt, wie die Zuordnungselemente in die bestehenden Domänenmodelle und Datenwertquellen eingebunden werden können. Abschließend skizziert der Abschnitt, wie die Quellen in das gemeinsame Datenmodell RDF überführt werden können. Somit stellt der Abschnitt einen zentralen Teil des Ansatzes dar. Die Grenzen der bestehenden Modelle werden überbrückt und die Informationen den folgenden Schritten in einem einheitlichen Datenmodell zur Verfügung gestellt.

### 5.8.1 Festlegung der Zuordnungselemente

Ein zentraler Bestandteil des Vernetzungskonzepts sind die sogenannten *Zuordnungselemente*. Ihre primäre Aufgabe ist die indirekte Verbindung der als isoliert angenommenen Datenquellen. Nach ihrer Festlegung werden die Zuordnungselemente im nachfolgenden Schritt in die Teilmodelle aufgenommen, was Abschnitt 5.8.2 betrachtet. Die Einordnung der Zuordnungselemente in den Gesamtzusammenhang des Ansatzes wurde in Abbildung 5.4 bereits dargestellt.

Der Begriff *Zuordnungselement* ist dabei der Oberbegriff für die in Abbildung 5.6 dargestellte Zweiteilung. Es werden die Ebenen der Konzepte und der Instanzen unterschieden. Auf der Konzeptebene wird das allgemeine Zuordnungskonzept abstrakt festgelegt, etwa der Typ oder die Art. Auf der Instanzebene gibt es dann beliebig viele Zuordnungsinstanzen, welche später in den indirekten Verbindungen konkret vorkommen können. Sowohl auf Konzept- als auch auf Instanzebene könnte jeweils eine Hierarchie verwendet werden, um die Elemente weiter zu untergliedern. Die Hierarchie kann später auch als Gruppierung oder Zusammenfassung der untergeordneten Zuordnungsinstanzen genutzt werden, etwa bei der Analyse.

Der Ansatz trifft keine Festlegung, welcher Art die Zuordnungselemente sind. Vielmehr kann dies für den jeweiligen Anwendungsfall individuell festgelegt werden, je nachdem was für den Einsatzzweck und den Kontext geeignet ist oder aus besonderen Gründen präferiert wird. Es ist dabei anzustreben, dass die Zuordnungselemente von den Beteiligten (siehe Abschnitt 2.2.2) gemeinsam festgelegt oder zumindest übernommen werden. Ein Einbeziehen der Beteiligten wirkt sich auch positiv auf die Akzeptanz aus (siehe Abschnitt 5.2.2). Durch die Festlegung besteht schließlich ein Konsens über einerseits das Konzept und andererseits über die Menge der zu unterscheidenden Instanzen. Dabei ist es wichtig, über die oftmals eingeengte Sicht auf die beiden



**Abbildung 5.6:** Unterscheidung der Zuordnungselemente in Konzept- und Instanzebene (Quelle: Eigene Darstellung)

Bereiche IT und Geschäft (oftmals Prozessmanagement) hinaus auch die anderen betroffenen Domänen (siehe Abschnitt 2.1.2.1) zu berücksichtigen, wie etwa das Risikomanagement.

Kriterien für die Festlegung der Zuordnungselemente können dabei unter anderem die Ziele und zu bearbeitenden Fragestellungen der EA sein (siehe Abschnitt 2.1.2.2). Weitere Kriterien können der Detailgrad (und somit die Anzahl der zu unterscheidenden Instanzen), die Modellierungsphilosophie oder existierende, wiederverwendbare Inhalte sein. Des Weiteren sollten die Instanzen über einen längeren Zeitraum weitgehend stabil sein. Damit grenzen sie sich von den Inhalten der Teilmodelle ab, welche sich in der Praxis häufig und in kurzen Zyklen ändern können, um weiterhin die Realität abzubilden (siehe Abschnitt 2.1.2.2). Um eine Indirektstufe zu den detaillierten Domänenmodellen darzustellen, sollten die Instanzen abstrakter als die Inhalte der Domänenmodelle geschnitten sein. Zudem sollten die Instanzen weitgehend überschneidungsfrei sein, um Mehrdeutigkeiten auszuschließen.

Ein weiterer Gestaltungsaspekt ist die Identifizierbarkeit der Instanzen. Das können eindeutige Identifier, Bezeichner oder Ordnungszahlen sein, mit denen die Instanzen unterschieden werden können (siehe Abbildung 5.6). Wahlweise könnten einer Instanz auch mehrere Identifier zugewiesen werden. Die Identifizierbarkeit ist für die indirekte Vernetzung relevant, um die Instanzen auch über die ursprünglichen Modellgrenzen hinweg eindeutig erkennen und unterscheiden zu können. Wobei die Art der Identifizierung nicht festgelegt ist. Im einfachsten Fall kann hierzu der Name als Kriterium verwendet werden und somit eine Prüfung auf Namensgleichheit erfolgen.

Neben ihrem Einsatz bei der Vernetzung können die Zuordnungsinstanzen auch bei der Analyse eine zentrale Rolle übernehmen (siehe Abschnitt 6.5.1). Dort können sie als Betrachtungsobjekte bzw. Untersuchungsobjekte genutzt werden, für welche die Analysen erfolgen.

Die Dokumentation der Zuordnungselemente kann frei gewählt werden. Hierzu ist eine einfache Liste ebenso geeignet, wie etwa eine Datenbank oder ein anderes System. Es ist allerdings sicherzustellen, dass die Inhalte exportiert oder direkt zugegriffen werden können. Dies ist erforderlich, damit die Zuordnungselemente, wie die anderen Domänenmodelle auch, in das gemeinsame Datenmodell RDF überführt werden können (siehe Abschnitt 5.8.4). Zugleich sollte die Übersicht der Zuordnungselemente allen EA-Beteiligten zugänglich sein, damit die Instanzen in die Domänenmodelle übernommen werden können.

Mögliche Kandidaten für Zuordnungselemente sind etwa die in Abschnitt 2.1.4.2 erläuterten Capabilities. Wie dort beschrieben wurde, können Capabilities als recht stabil angesehen werden und sie stellen zudem eine geeignete Abstraktionsstufe zu verschiedenen Domänen (u. a. Geschäft, IT) dar. In der Regel bleiben die Capabilities lange unverändert, bis sich möglicherweise auf Unternehmensebene erhebliche Anpassungen ergeben [Vgl. Han12, S. 9]. Das sind auch für die Zuordnungselemente wichtige Eigenschaften. Zugleich besitzen Capabilities eine breite Akzeptanz und Verbreitung, sodass auf bestehende Sammlungen und Vorlagen zurückgegriffen werden kann. Teilweise existieren bereits wie aufgezeigt spezifische Sammlungen für einzelne Branchen, was eine Vollständigkeit der Abdeckung gewährleistet. Die Festlegung würde somit insgesamt vereinfacht werden. Oftmals sind die Capabilities schon in einer Hierarchie eingeordnet, die ebenfalls übernommen werden könnte. Die Capabilities sind somit eine erste mögliche Ausprägung, was jedoch bereits die Realisierbarkeit der Zuordnungselemente belegt.

Darüber hinaus könnten aber auch andere Kandidaten für Zuordnungselemente gewählt werden, was durch den generischen Ansatz ebenso möglich ist. So wären auch Geschäftsobjekte denkbar (vgl. Abschnitt 2.1.4.2). Im Abschnitt 5.2.2 wurde zudem auf den Ansatz in [AW09] hingewiesen, wo fachliche Services als Indirektstufe für eine Entkopplung genutzt wurden. Auch diese Elemente wären mögliche Kandidaten.

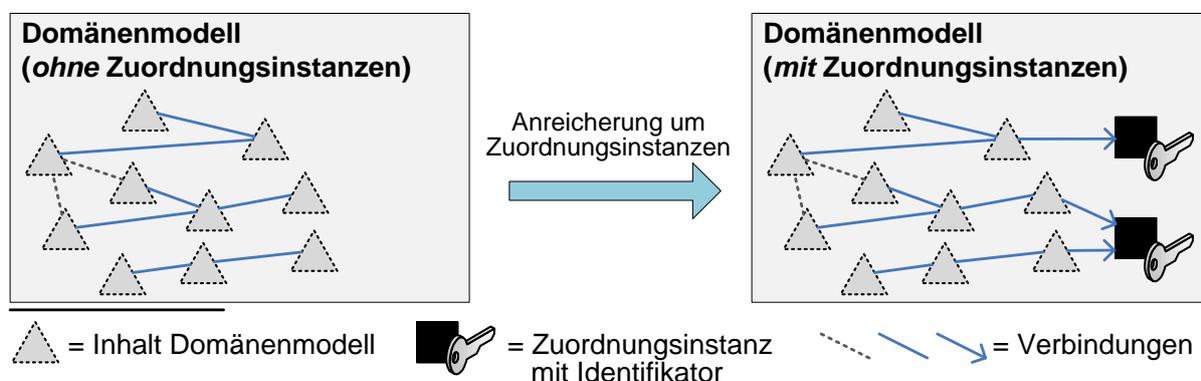
Insgesamt zeigt der Abschnitt 5.2.2 die Vielfalt von Ansätzen für eine mögliche Indirektstufe. Zugleich verdeutlicht der Abschnitt damit, dass die Ideen zur Entkopplung von Modellen etabliert sind. Wenngleich der Fokus oftmals auf der Verbindung zwischen Modellen der Domänen Geschäft und IT liegt.

Der Fokus des Einsatzes der Zuordnungselemente in diesem Ansatz ist die indirekte Verknüpfung der Teilmodelle. Insbesondere vor dem Hintergrund der maschinenlesbaren Nutzung. Zudem werden die Zuordnungsinstanzen in die Domänenmodelle übernommen und verbleiben nicht als isolierte Architektur außerhalb der Domänenmodelle, wie etwa in anderen Ansätzen mit Indirektstufen, z. B. in [Siehe AW09, S. 178].

### 5.8.2 Anreichern der Teilarchitekturen um die Zuordnungselemente

Es wurde erläutert, dass zunächst die Zuordnungselemente (Konzept- und Instanzebene) festzulegen sind. In diesem Abschnitt werden nun diese Elemente in die Domänenmodelle eingebunden und die Modelle somit um weitere Informationen angereichert, sofern diese Elemente noch nicht enthalten sind. Dies erfolgt ebenfalls noch ohne Verwendung von Technologien des Semantic Web. Quellen mit ausschließlich Datenwerten (z. B. Kosten, Zeiten) werden gesondert im folgenden Abschnitt 5.8.3 betrachtet, da ihre Handhabung leicht abweicht.

Abbildung 5.7 visualisiert diese Einbindung, indem die Zuordnungsinstanzen in das Modell aufgenommen und mit den bestehenden Inhalten der Domänenmodelle verbunden werden. Die Zuordnungsinstanzen sind dabei durch ihre Identifikatoren eindeutig identifizierbar. Außerdem nehmen die Zuordnungsinstanzen innerhalb des Vernetzungskonzepts die Rolle einer Schnittstelle des Modells nach außen ein. Sie sind somit diejenigen Elemente, welche bei der indirekten Verbindung der Modelle miteinander verknüpft werden.



**Abbildung 5.7:** Einfügen der Zuordnungsinstanzen in die Domänenmodelle (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Eindeutigkeit der Zuordnung von Modellinhalten zu Zuordnungsinstanzen ergibt sich abhängig von der vorherigen Festlegung der Zuordnungselemente. Im idealisierten Fall sind die Zuordnungen eindeutig, sodass sich auch eine überschneidungsfreie Analyse ergibt (siehe Kapitel 7). In der Praxis kann davon ausgegangen werden, dass es Überschneidungen derart gibt, dass ein Modellelement mehreren Zuordnungsinstanzen zugeordnet werden könnte. Das lässt der Ansatz ebenso zu. Dies ist je nach Kontext bei der Interpretation von Ergebnissen zu berücksichtigen. Da die Modelle den Istzustand oder Sollzustand widerspiegeln (siehe Abschnitt 2.1.2.2), sind diese Beziehungen tatsächliche oder angenommene Realität und somit natürlich auch Teil der Analysebasis.

Wie die Zuordnungsinstanzen in Teilmodelle eingebunden werden können, hängt von den technischen und konzeptionellen Gegebenheiten ab. Wenn bereits adäquate Elemente enthalten

sind ist zu prüfen, ob sie die Rolle ausfüllen können. Entscheidend ist die Verbindung der bestehenden, relevanten Modellelemente mit den Zuordnungsinstanzen inklusive der Ablage der Identifikatorinformation, um später die Zuordnungsinstanzen als Verknüpfungselemente nutzen zu können. Wie auch in Abbildung 5.7 ersichtlich, ist es im Ansatz nicht erforderlich, dass jedes einzelne Modellelement mit den Zuordnungsinstanzen verbunden ist. So gibt es innerhalb der Modelle bereits vorliegende Verbindungen und Abhängigkeiten (in der Abbildung die durchgezogenen Linien), die später bei der Analyse mit genutzt werden können. Somit genügt es, wenn einzelne Modellelemente mit den Zuordnungsinstanzen verbunden werden. Dadurch reduziert sich zugleich der benötigte Initialaufwand.

Damit „repräsentiert“ eine Zuordnungsinstanz wie in Abbildung 5.7 angedeutet, einen bestimmten Modellzweig. Anders formuliert stehen auch die nicht direkt mit den Zuordnungsinstanzen verbundenen Modellelemente indirekt über die bestehenden Verbindungen im Modell mit bestimmten Zuordnungsinstanzen in Verbindung.

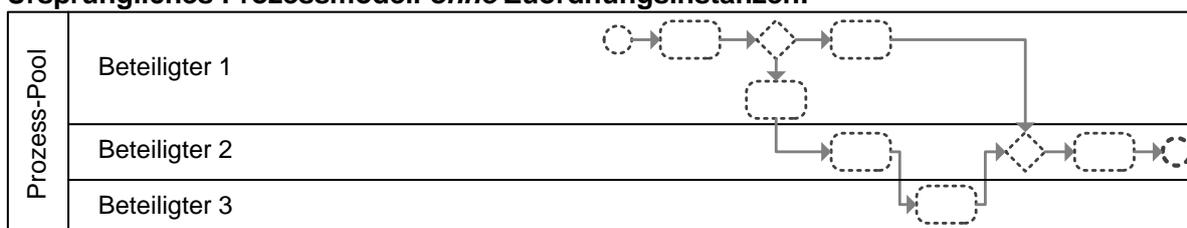
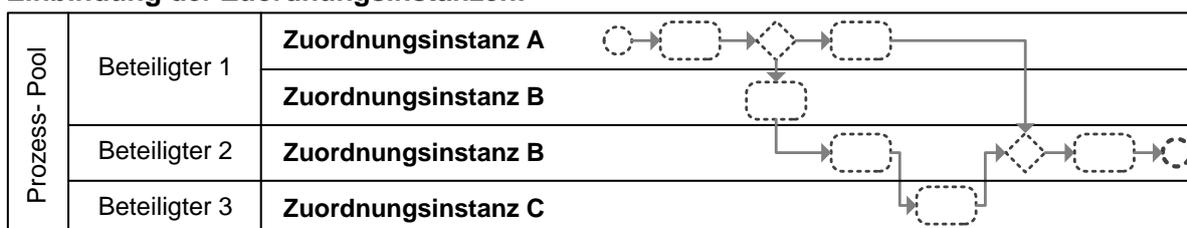
Darüber hinaus sind Relationen zwischen Elementen beliebig zulässig und erwartbar vorhanden, wie in der Abbildung 5.7 durch die gestrichelten Linien zwischen Elementen angedeutet ist. Dadurch können Querbeziehungen zwischen einzelnen Modellzweigen entstehen, sodass ein Modellelement zunächst anscheinend mit mehreren Zuordnungsinstanzen in indirekter Verbindung steht.

Die Domänenmodelle können dabei wie in Abschnitt 2.1.4.1 erläutert, in einer Vielzahl von Quellsystemen und Formaten dokumentiert sein. Beispiele für Quellsysteme sind Datenbanken, spezielle Anwendungen (IT-Management-System, Prozessmanagement-System, Risiko-Verwaltung, usw.) oder Tabellenkalkulationen. Bezüglich der Formate sind die erwähnten EPK, BPMN (2.0) oder UML lediglich drei Vertreter von vielen denkbaren Formaten bzw. Notationen.

Stellvertretend für die Vielzahl an Quellsystemen und Formaten wird nachfolgend an ausgewählten Beispielen eine mögliche Einbindung der Zuordnungselemente skizziert. Es sei darauf hingewiesen, dass dieses denkbare Realisierungen der Einbindung sind, wobei alternative Vorgehensweisen auch möglich wären. Der Ansatz macht hier keine strukturellen Vorgaben.

Ein erstes Beispiel betrifft die Dokumentation von Geschäftsprozessen mit dem verbreiteten Standard BPMN 2.0 (Business Process Model And Notation) [Zum Standard siehe OMG13; Ergänzend vgl. Sil12a], wie in Abschnitt 2.1.4.1 benannt. Abbildung 5.8 zeigt in der oberen Hälfte ein einfaches BPMN-Modell bestehend aus einem Prozess-Pool und drei Lanes für die Prozessbeteiligten (z. B. Organisationseinheiten, Systeme). Innerhalb der Lanes sind BPMN-Elemente enthalten.

Eine erste Möglichkeit zur Dokumentation der Beziehungen zwischen Zuordnungsinstanzen und BPMN-Modellelementen ist in der unteren Hälfte der Abbildung 5.8 dargestellt. Die Beziehung wird grafisch in das Modell eingebettet und ist somit unmittelbar sichtbar und nachvollziehbar. Die Zuordnungsinstanzen werden im Beispiel als verschachtelte Lanes eingefügt, die oftmals die Zuständigkeiten von den Prozessbeteiligten ausdrücken, aber eigentlich beliebig benannt und zur Dokumentation vielfältiger Unterscheidungen eingesetzt werden können [Siehe Sil12a, S. 57-58; Siehe FR14, S. 46-49]. Der Identifikator der Zuordnungsinstanz (hier der Name) ist durch die Bezeichnung der Lane gegeben. Im vorliegenden Fall wird die unterste Ebene der verschachtelten Lanes als die Unterscheidung der Zuordnungsinstanzen interpretiert. Damit ist z. B. auch visuell dokumentiert, welche Tasks einer Zuordnungsinstanz zugeordnet sind oder mit welchem Prozess eine Zuordnungsinstanz in Verbindung steht. Wobei es als Sonderfall ebenso denkbar wäre, dass die Lanes der Zuordnungsinstanzen als einzige Ebene unterhalb des Prozess-Pools existieren und es somit keine dazwischenliegende Unterteilung in Lane-Ebenen gibt.

**Ursprüngliches Prozessmodell ohne Zuordnungsinstanzen:****Einbindung der Zuordnungsinstanzen:**

**Abbildung 5.8:** Schematische Darstellung der Einbindung von den Zuordnungsinstanzen in ein BPMN-Prozessmodell (Quelle: Eigene Darstellung)

Über die visuelle Dokumentation hinaus existiert für BPMN 2.0 eine entsprechende XML-Repräsentation [Vgl. OMG13; Vgl. Sil12a], was später die Überführung der Informationen in das gemeinsame Datenmodell RDF im Abschnitt 5.8.4 vereinfacht.

Insgesamt wird somit deutlich, dass die Zuordnungsinstanzen in einem BPMN-Modell mit BPMN-Standardmitteln abgebildet werden können. Alternativ könnte als zweite Möglichkeit ein Modellelement mit der zugehörigen Zuordnungsinstanz auch mittels Angabe eines Attributes verknüpft werden. Das Attribut müsste dann den Identifikator der Zuordnungsinstanz beinhalten. Dieses Vorgehen wurde, unter Mitwirkung des Autors dieser Arbeit, in einer Veröffentlichung im Rahmen der Konferenz „PoEM 2012“ (The Practice of Enterprise Modeling) zum Aspekt der Prozessverifikation auf Basis von BPMN-Prozessmodellen erläutert [Siehe Stu+12]. In jenem Kontext ging es um die Zuordnung von Tasks zu fachlichen Clustern, um die Definition von Prüfregelelementen zu verallgemeinern. Der Zuordnungsmechanismus ist somit vergleichbar. Der Autor der vorliegenden Arbeit verantwortete dabei die Verwendung der Cluster für die Zuordnung und Regeldefinition sowie die prototypische Realisierung des Konzepts.

Die gewählte Variante ist entsprechend bei der Überführung der Domänenmodelle in das gemeinsame Datenmodell RDF zu berücksichtigen.

Die Einbindung in weitere Systeme und Quellen ist individuell von den Möglichkeiten dieser abhängig. So könnte in einem Arbeitsblatt einer Tabellenkalkulation z. B. eine zusätzliche Spalte für die Verknüpfung mit der zugehörigen Zuordnungsinstanz ausreichend sein. Analog gilt dies für weitere Werkzeuge, wie z. B. eine IT-Architektur-Anwendung oder ein System zur Verwaltung von Risiken.

Sollte ein direktes Einbinden der Zuordnungsinstanzen in das Domänenmodell nicht möglich sein, so könnte eine externe Zuordnungstabelle gepflegt werden [Vgl. SS16]. In dieser Tabelle würden dann die entsprechenden Modellelemente den Zuordnungsinstanzen zugeordnet werden. Wobei nicht alle Modellelemente in dieser Tabelle berücksichtigt werden müssen, sondern wie zuvor erwähnt, nur die zentralen Elemente. Die davon abhängigen bzw. damit verbundenen weiteren Elemente („Modellzweig“) müssten nicht explizit verknüpft werden. Diese Tabelle wäre dann während der Überführung in das Datenmodell RDF zu berücksichtigen. Da dies eine

zusätzlich zu pflegende Quelle wäre, ist eine direkte Einbindung in das Domänenmodell zu präferieren.

Das Einbinden der Zuordnungsinstanzen in die Teilarchitekturen bedeutet zunächst einen zu tätigen Aufwand. Allerdings relativiert sich diese Betrachtung, da die Zuordnungsinstanzen gemäß ihrer Intention sehr stabil sind (siehe Abschnitt 5.8.1). Zudem sichert dieses Vorgehen die indirekte Verbindung über Domänenmodellgrenzen hinweg, was den Aufwand zur initialen Etablierung und fortlaufenden Pflege der EA (siehe Abschnitt 5.2.2) insgesamt verringern kann. Änderungsanfällige Direktverbindungen auf Ebene der bisherigen Modellelemente zwischen Modellen existieren nicht. Ebenso erlaubt das Vorgehen eine maschinenunterstützte Verarbeitung gegenüber einer sonst primär manuellen Erstellung einer EA mit oftmals nur aggregierten Informationen (siehe Abschnitt 5.1).

Darüber hinaus entsteht durch diese indirekte Verbindung die Möglichkeit, noch nicht existierende oder noch nicht vollständig erfasste Domänenmodelle schrittweise zu füllen und zu erweitern. Ein Domänenmodell könnte temporär durch eine einfache Tabelle repräsentiert werden, mit den Zuordnungsinstanzen als stabile Bezugspunkte für die Zusammenführung mit den anderen Domänenmodellen. Im Laufe der Zeit können dann die Inhalte ohne Einfluss auf die anderen Domänenmodelle erweitert werden. Es könnte sogar die Form der Dokumentation ausgetauscht werden. Das verringert, insbesondere zu Beginn einer EA-Initiative, den anfallenden Aufwand (siehe Abschnitt 5.2.1). Somit kann frühzeitiger ein erster EA-Nutzen präsentiert werden, auch wenn die Inhalte zunächst noch weniger detailliert sind.

Ebenfalls besteht ein weiterer Nutzen etwa für Business Analysten darin, dass die Domänenmodelle durch die Zuordnungsinstanzen eine weitere Kategorisierung erhalten haben. Detailanalysen können diese Instanzen als Unterscheidungskriterien auch auf lokaler Ebene nutzen. Oder sie können die Übersichtlichkeit und Verständlichkeit verbessern, wenn z. B. das skizzierte BPMN-Beispiel betrachtet wird. Die zusätzlich eingeführte Ebene der Zuordnungsinstanzen erlaubt visuell zu erfassen, „wer“ (Lanes oberhalb der Ebene der Zuordnungsinstanzen) welche „Fachlichkeit“ (Zuordnungsinstanzen in Form von Capabilities) ausführt und „wie“ (Aktivitäten innerhalb der Lanes) dies genau erfolgt. Der Aspekt der Fachlichkeit bringt eine weitere Betrachtungsdimension in den Fokus.

### 5.8.3 Umgang mit Datenwertquellen

Nachdem im Abschnitt zuvor das allgemeine Vorgehen bezüglich der Teilarchitekturen, z. B. IT-Architektur oder Prozessmanagement, erläutert wurde, beschäftigt sich dieser Abschnitt mit jenen Quellen, welche nur Datenwerte beinhalten. Der Grund dafür ist, dass das Vorgehen für diese Quellenart abweichend ist.

Beispiele für Datenwerte sind z. B. Prozesszeiten oder IT-Kosten (siehe Abschnitt 2.1.4.1). Im direkten Fall könnten die Datenwerte oder Kennzahlen auch in den bisherigen Teilarchitekturen enthalten und dort direkt verknüpft sein. Allerdings ist dieses nicht immer möglich, etwa wenn Prozessmodellierungswerkzeuge bestimmte Datenwerte nicht an Elementen dokumentieren können [Vgl. Stu11b, S. 83]. Auch sieht etwa die BPMN 2.0 keine Möglichkeit vor, explizit Kennzahlen durch dedizierte Elemente oder Attribute in das Modell zu integrieren, sodass dies allenfalls als herstellereigene Möglichkeit in Anwendungen angeboten wird, wie in [Siehe FR14, S. 115-116] aufgezeigt. Oder es ist von den Beteiligten im Unternehmen nicht gewünscht, sodass die Daten gesondert z. B. in einer Datenbank oder Tabelle dokumentiert werden. Auch die Erfassung der Datenwerte in anderen Werkzeugen kann ein Grund dafür sein, dass die Daten nicht in die Teilarchitekturen integriert sind. So gibt es Spezialwerkzeuge, u. a. im Bereich des

Monitorings der IT-Infrastruktur (z. B. „Nagios“ [Siehe Nag18]), die bestimmte Daten erheben können. Analog gibt es auch im Geschäftsbereich verschiedene Verfahren und Werkzeuge zur Datenerhebung und -messung, wie etwa im Rahmen der Qualitätsmanagement-Methode „Six Sigma“ [Stellvertretend vgl. Mel15]. Spezielle Werkzeuge existieren zudem für die Messung von Qualitätskriterien oder Prozesszeiten [Stellvertretend vgl. DKK10].

Es können somit in einem Unternehmen vielfältige Daten vorhanden sein, die in unterschiedlichen Werkzeugen dokumentiert und zugreifbar sind oder über Export auch allgemein zur Verfügung stehen. Daher kann der Fall als gegeben angesehen werden, dass es dedizierte Quellen gibt, in denen primär Datenwerte losgelöst von den zuvor behandelten Teilarchitekturen der Domänen dokumentiert sind.

Abweichend zum Vorgehen für die Teilmodelle im Abschnitt 5.8.2, ist es bei den Datenwertquellen nicht erforderlich, die Zuordnungsinstanzen einzubinden. Wie die Abbildung 5.9 verdeutlicht, kann im Allgemeinen angenommen werden, dass die Daten in den Datenwertquellen mit Bezug zu einem konkreten Element dokumentiert sind, welches einem korrespondierenden Element (z. B. gleicher Name) in einem Teilmodell beziehungsweise einer Teilarchitektur entspricht. Das stellt den allgemeinen Fall dar, wie solche Daten in den Systemen dokumentiert und zugreifbar sind. Ein Beispiel ist etwa die Zuordnung einer Messung der Durchlaufzeit genau zu demjenigen Prozess, für den die Kennzahl ermittelt wurde. Oder die Verknüpfung der Anzahl aufgetretener Fehler mit demjenigen System, für das der Wert ermittelt wurde. Für die Datenwerte sei daher angenommen, dass sie bereits in ihrer Quelle einen direkten Bezug zu den jeweiligen Elementen besitzen. Eine Verbindung der Datenwertquelle zum Domänenmodell ergibt sich dann durch den Bezug der beiden korrespondierenden Elemente auf beiden Seiten. Spezialfälle sind (hoch) aggregierte Datenwerte, wie etwa der Gesamtumsatz des Unternehmens. Aber auch diese haben einen Bezug zu einem Objekt, in dem Fall zum Unternehmen.

Außerdem ist es von Vorteil, wenn die Einheiten der Datenwerte bekannt und festgelegt sind (explizit oder implizit). Diese Information kann bei der Überführung in das gemeinsame Datenmodell RDF (siehe folgender Abschnitt 5.8.4) berücksichtigt werden, damit später bei der Vernetzung (siehe Abschnitt 5.9) automatische Transformationen möglich werden.

Es sind also keine besonderen Tätigkeiten erforderlich, um die Datenwertquellen vorzubereiten. Ihre Verwendung ist hingegen für Analysen sehr relevant (siehe Kapitel 7).

Auch an dieser Stelle kann eine Vereinfachung erfolgen, mit der die Etablierung einer ersten EA-Datenbasis beschleunigt werden kann. Stehen noch keine gemessenen oder erhobenen Datenwerte zur Verfügung, so könnten Schätzwerte oder Annahmen verwendet werden. Die-

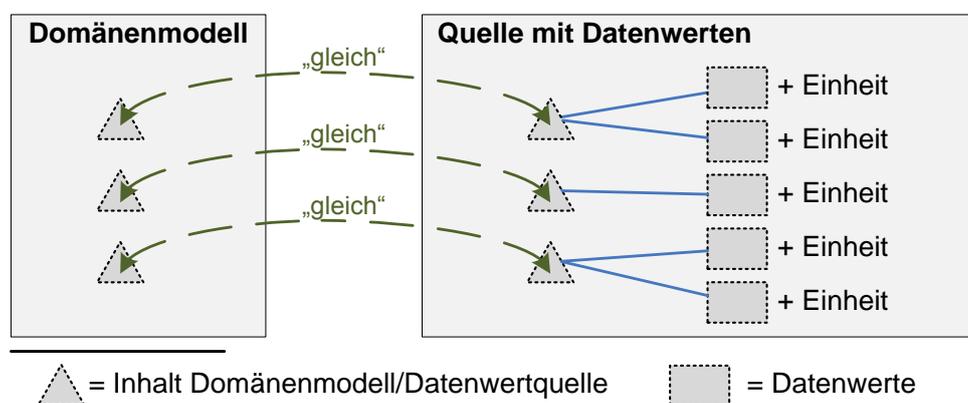


Abbildung 5.9: Behandlung der Quellen für Datenwerte (Quelle: Eigene Darstellung)

ses ist auch von der jeweiligen Fragestellung an die EA abhängig. Diese Informationen sind natürlich in einem gewissen Maß mit Unsicherheit und Ungenauigkeit verbunden, aber es könnten bereits Analysen darauf umgesetzt werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist diese Rahmenbedingung angemessen zu berücksichtigen. Zu einem späteren Zeitpunkt könnte die Datengrundlage durch ermittelte Datenwerte ersetzt werden.

### 5.8.4 Überführung in ein gemeinsames Datenmodell

Bisher wurde erläutert, wie die Zuordnungselemente festzulegen sind. Ebenso wurde beschrieben, wie diese Elemente in die Teilarchitekturen eingebunden werden können und wie der Umgang mit Datenwertquellen ist. Dies erfolgte auf einer konzeptionellen Ebene, noch unabhängig von den Technologien des Semantic Web, wie sie in Kapitel 4 eingeführt wurden.

Dieser Abschnitt erläutert nun, wie die drei zuvor genannten Arten von Quellen in das gemeinsame Datenmodell RDF überführt werden können. Abbildung 5.10 visualisiert diesen Vorgang für die Zuordnungselemente, Domänenmodelle sowie Datenwerte schematisch. Jede Quelle wird dabei in eine RDF-Repräsentation überführt, in Anlehnung an die etablierte Architektur im Kontext des Semantic Web, welche in Abschnitt 5.7.2 skizziert wurde.

Dieser Schritt ist notwendig, um die Informationen gemäß der Vision des Semantic Web maschinenlesbar zugreifbar zu machen (siehe Abschnitt 4.2). Ebenso erleichtert es die Zusammenführung der Daten in der Datenbasis. Grundlegend sind dabei das graphbasierte Datenmodell (siehe Abschnitt 4.3.1) und die Basissprache RDF (siehe Abschnitt 4.3.2).

Gemäß der Intention des hier vorgestellten Vorgehens (siehe Abschnitt 5.7.1) wird angestrebt, möglichst viele der detaillierten Informationen zu übernehmen und später in die integrierte EA-Datenbasis einzubringen. Das wird auch in Abbildung 5.10 schematisch skizziert, wo die Informationen der Quellen vollständig in die RDF-Repräsentation übergehen.

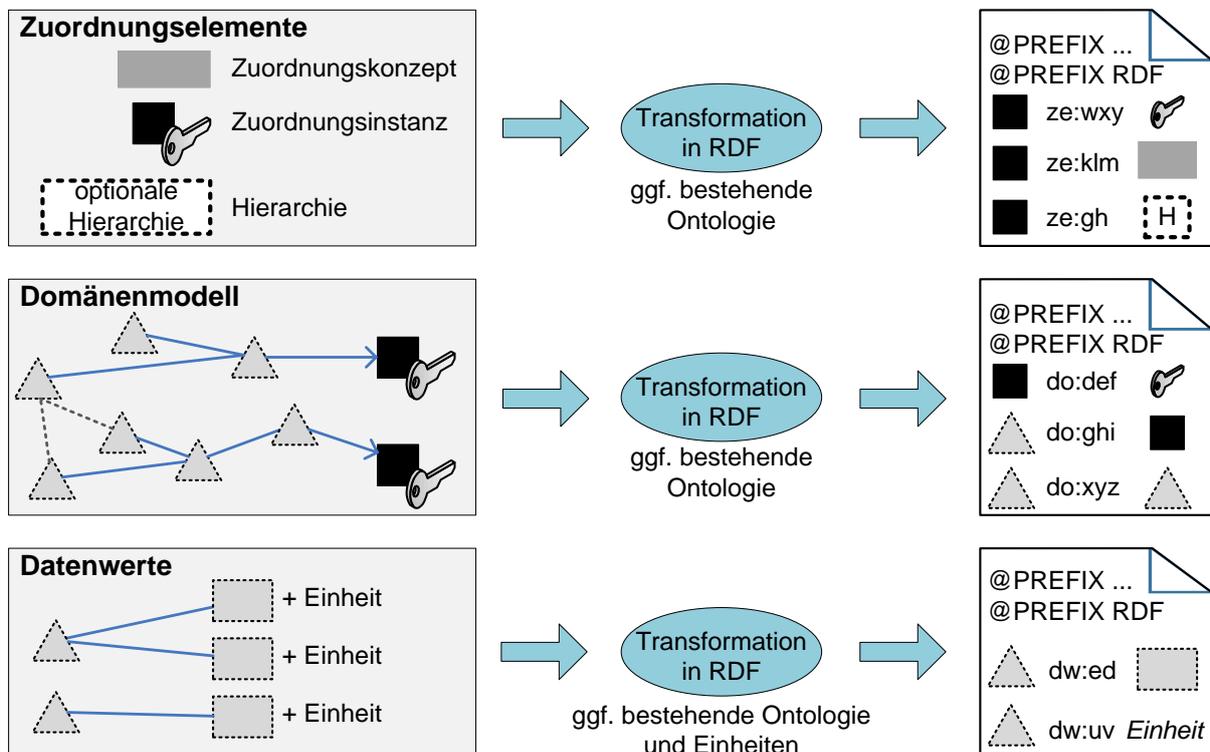


Abbildung 5.10: Überführung der Quellen in das gemeinsame Datenmodell RDF (Quelle: Eigene Darstellung)

Wie bei den Teilarchitekturen (siehe Abschnitt 5.8.2) und den Datenwertquellen (siehe Abschnitt 5.8.3) ausgeführt, gibt es eine große Vielfalt verschiedener Typen und Formate bei den Informationen. Der Abschnitt 4.4.5 hatte jedoch bereits aufgezeigt, dass es für verschiedene Quellen (z. B. Datenbanken, Tabellenkalkulation) Werkzeuge bzw. Verfahren gibt, um die Daten nach RDF zu überführen.

Darüber hinaus werden etwa in [Siehe W3C18a] verfügbare Werkzeuge zur Konvertierung nach RDF für viele Formate genannt. Somit kann insgesamt begründet angenommen werden, dass eine Transformation prinzipiell möglich ist.

Die so transformierten Informationen können beliebig RDFS (siehe Abschnitt 4.3.3) oder spezifische Ontologien (siehe Abschnitt 4.4.2) verwenden. Allen transformierten Informationen gleich ist der gemeinsame Nenner RDF als Datenmodell, was die Interoperabilität sicherstellt.

Das Ergebnis einer Umfrage zur Verwendung semantischer Technologien in [Siehe Ege15, S. 34] ist, dass die befragten Unternehmen (tätig im Bereich Wissensmanagement) RDF mehrheitlich als einfach und aussagekräftig genug für die Repräsentation von Informationen ansehen. Oftmals sind einfache Strukturen auf Basis von RDF oder RDFS ausreichend, anstelle von ausdrucksstärkeren Strukturen auf Basis von z. B. OWL (siehe Abschnitt 4.4.2). Hier ist auch die in Abschnitt 4.3.4 erläuterte Abwägung zwischen Ausdrucksstärke und Effizienz etwa beim Ziehen von Schlussfolgerungen zu berücksichtigen.

Gibt es für proprietäre Systeme oder ein bestimmtes Format der Datenhaltung noch keine etablierte Transformation, so ist ein Konverter zu erstellen. Voraussetzung ist dabei natürlich, dass auf die Daten zugegriffen werden kann. Die Erstellung des Converters ist mit Aufwand verbunden, der aber bei generischer Funktionalität nur einmalig anfällt. Der Nutzen ergibt sich dann durch den häufigen Zugriff auf die Datenhaltung, um stets aktuelle Daten in der EA kombinieren zu können. Zur Erstellung solcher Converter existieren verschiedene Literaturquellen, stellvertretend wird auf [Siehe Heb+09, S. 301 ff.] verwiesen.

Im restlichen Teil dieses Abschnitts wird konzeptionell auf die Überführung der drei Quellarten (Zuordnungselemente, Teilarchitekturen und Datenwerte) eingegangen.

Insgesamt ist bei der Transformation zu beachten, dass die erzeugten IRIs für die Ressourcen global eindeutig sind (vgl. Abschnitt 4.3.1). Dies ist für die Kombination der verschiedenen RDF-Artefakte in der integrierten EA-Datenbasis in einem späteren Schritt erforderlich.

Zuordnungskonzepte ebenso wie Zuordnungsinstanzen (siehe Abschnitt 5.8.1) entsprechen Ressourcen innerhalb der RDF-Darstellung. Deren Bezeichnungen und Identifikatoren könnten als Literale abgelegt werden. Wobei es zudem angemessen ist, die Zuordnungsinstanzen explizit als Instanzen des Zuordnungskonzepts zu definieren, z. B. mit dem Prädikat `rdf:type` (siehe Abschnitt 4.3.3). Außerdem sollte, sofern vorhanden, die Hierarchie der Zuordnungselemente auch in RDF berücksichtigt werden, damit auch diese Information später in der EA-Datenbasis verfügbar ist. Dies könnte über entsprechend vorgesehene Prädikate geschehen, welche die Struktur widerspiegeln.

Als ein Beispiel einer Transformation sei das in Abschnitt 5.8.2 eingeführte Beispiel der Prozessnotation BPMN 2.0 aufgegriffen. Wie dort erwähnt wurde, existiert eine standardisierte XML-Repräsentation. Sie kann von verschiedenen Modellierungswerkzeugen erzeugt werden. Beispiele dafür sind die Werkzeuge „Camunda BPM“ [Siehe Cam18b] oder „Signavio Process Manager“ [Siehe Sig18b].

Auf dieser Basis kann eine Transformation automatisiert erfolgen, was bei einer rein grafischen Darstellung schwieriger wäre. Es ist daher ein Konverter erforderlich, der das XML-Dokument in eine RDF-Repräsentation überführt. Hierzu müsste vorab einmalig festgelegt werden, wie die Transformation erfolgen soll. So ist zu vereinbaren, welche Inhalte übernom-

men werden sollen und welche ignoriert werden können. Der Konverter sollte zudem, wie zuvor gefordert, die bestehenden Zuordnungen der Modellelemente untereinander in RDF-Statements überführen. Also z. B. die Zuordnung von Tasks zu Zuordnungsinstanzen oder von Tasks zu Prozessen. Auch die Eigenschaften, wie z. B. die Elementnamen, sind zu berücksichtigen. Analog gilt dies für die Identifikatoren der Zuordnungsinstanzen, um eine Identifizierung beim Zusammenführen der einzelnen RDF-Inhalte zur kombinierten EA-Datenbasis zu ermöglichen (siehe Abschnitt 5.9). Die transformierten Informationen können hierbei einem individuell festgelegten Vokabular oder einer existierenden Ontologie folgen. Damit kann die Bedeutung der Elemente explizit gemacht werden. Beispiele für existierende BPMN-Ontologien finden sich in [Vgl. Nat11], [Vgl. RGS14] sowie [Vgl. Fon14]. Die angegebenen Beispielontologien basieren dabei jeweils auf OWL und sind somit recht ausdrucksstark.

Der Konverter muss dabei natürlich nicht nur einen einzelnen BPMN-Prozess überführen, sondern alle betreffenden Prozessmodelle. Dies kann jedoch, unter Beachtung der global eindeutigen IRIs, in einem einzelnen RDF-Dokument erfolgen.

Neben den Zuordnungselementen und den Teilmodellen der Domänen sind auch die Datenwertquellen in RDF zu überführen. Nur dadurch stehen in der kombinierten EA-Datenbasis auch diese Informationen für Auswertungen zur Verfügung. Dieses stellt einen Unterschied zu den meisten EA-Ansätzen (siehe Abschnitt 5.6) dar, wo allgemein die Datenwerte nicht betrachtet werden. Die Realisierung der Transformation lehnt sich an die Überführung der Teilmodelle an. Denn auch die Datenwertquellen können in Datenbanken, Tabellenkalkulation oder sonstigen Systemen dokumentiert sein. Es gelten daher prinzipiell die gleichen Anmerkungen, wie zuvor erläutert.

Es sollten jedoch auch die Einheiten der Datenwerte explizit mit transformiert werden. Diese Angabe kann später bei der Zusammenführung der einzelnen RDF-Repräsentationen verwendet werden. So ist eine automatische Umwandlung möglich, wenn die Einheiten in der Datenwertquelle und in der EA-Datenbasis abweichend sind.

Dem Semantic Web entsprechend könnten die Einheiten durch verknüpfte Ressourcen ausgedrückt werden. Dann würde ein IRI für die gewünschte Einheit stehen. Für die automatische Nutzung dieser Information sollten solche IRIs vereinbart werden. Beispiele sind etwa die in Abschnitt 4.4.1 genannte Ontologiesammlung QUDT oder das verbreitete Angebot des DBpedia-Projekts.

Wie im Abschnitt 4.4.1 weiterhin erläutert wurde, gibt es vielfältige Möglichkeiten Werte und ihre Einheiten in RDF zu repräsentieren. Eine gängige und zugleich präzise Variante ist der in jenem Abschnitt vorgestellte „value container“ [Vgl. Heb+09, S. 485]. Aufgrund der Vielfalt möglicher Varianten sollte im Unternehmen eine entsprechende Festlegung abgestimmt werden oder es muss im Rahmen der Alignment-Erstellung auf Sonderfälle reagiert werden können. Wie erwähnt, ist dabei auch das Verhältnis zwischen Flexibilität und generischer Repräsentation sowie demgegenüber Performance und Optimierung abzuwägen. Sollen über die Domänen vorab keine oder nur wenige Kenntnisse vorausgesetzt werden, dann muss dort ein höheres Maß an Flexibilität vorgesehen werden.

Im Ergebnis entsteht für jede Quelle eine RDF-Repräsentation, wie in Abbildung 5.10 dargestellt. Dabei kommen, wie aufgezeigt, vielfach die etablierten Vorgehensweisen und Best-Practices der Semantic-Web-Technologien zum Einsatz.

Der nächste Abschnitt erläutert, wie die erstellten RDF-Repräsentationen vernetzt und unter Verwendung des EA-Vokabulars in der EA-Datenbasis integriert werden.

## 5.9 Vernetzung und Zusammenführung der Informationen in einer integrierten Datenbasis

Nach der zuvor beschriebenen Überbrückung der isolierten Teilmodelle und deren Überführung in RDF befasst sich dieser Abschnitt mit der tatsächlichen Etablierung der integrierten Datenbasis. Hierzu wird zunächst das EA-Vokabular als wesentliche Basis eingeführt. Danach wird beschrieben, wie die einzelnen Datenquellen eingebunden werden können und wie das Matching zwischen diesen Datenquellen und dem EA-Vokabular erfolgen kann. Abschließend geht der Abschnitt auf die konkrete Ausführung der definierten Mappings ein, wodurch sich schließlich die integrierte Datenbasis ergibt. Dies ist zugleich das Ziel des Kapitels und Ausgangspunkt für die folgenden Kapitel zur Analyse dieser Datenbasis.

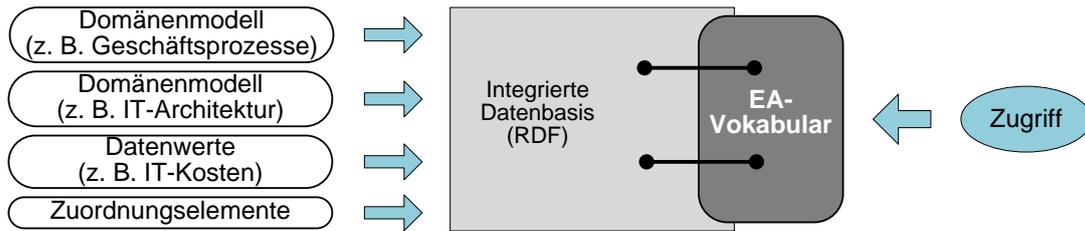
### 5.9.1 Abgrenzung des EA-Vokabulars zur gängigen Verwendung eines EA-Metamodells

Die Verwendung eines EA-Metamodells zur Festlegung der Konzepte und der Struktur einer EA ist gängige Praxis, wie in Abschnitt 2.1.2.2 aufgezeigt wurde. Wird kein existierendes EA-Metamodell übernommen, dann erfordert die Abstimmung und Erstellung einen wesentlichen Aufwand (siehe Abschnitt 5.2.1). Daneben hat die Studie in [Siehe Mat+08] festgestellt, dass nicht alle EAM-Werkzeuge eine Anpassung des zugrunde liegenden Metamodells zulassen, sodass die Datenhaltung und der Zugriff fest am Metamodell ausgerichtet sind. Dadurch kann sich das EAM-Werkzeug zu einem eigenen, zusätzlichen Datensilo entwickeln (siehe Abschnitt 5.2.2).

Verallgemeinert betrachtet ähneln sich somit das allgemeine Verständnis eines EA-Metamodells und die Ausprägung des EA-Vokabulars im vorliegenden Ansatz. Auch das EA-Vokabular soll ein Begriffsverständnis anbieten, unter dem Informationen zugegriffen werden können. Doch bei genauerer Betrachtung ist das EA-Vokabular flexibler. Im Gegensatz zu üblichen EA-Metamodellen bzw. deren Einsatz in Werkzeugen beeinflusst das EA-Vokabular nicht die Datenhaltung in dem Maße, wie es im Fall eines festen EA-Metamodells erfolgen würde. Das Vokabular agiert wie eine Schicht oberhalb der Daten aus der Datenbasis und ist flexibel mit geringem Aufwand anpassbar. Zudem erleichtert der Hintergrund des Semantic Web den Zugriff, da die Informationen maschinenlesbar sind (siehe Abschnitt 4.2).

Dies fördert, neben den Zuordnungselementen (siehe Abschnitt 5.8.1), die Entkopplung der Quellen. Die Domänenquellen und das EA-Vokabular sind somit entkoppelt und werden erst durch das spätere Matching (siehe Abschnitt 5.9.3) zusammengefügt. Dies berücksichtigt auch die Situation, wenn Detailquellen der Domänen untereinander nicht koordiniert oder abgestimmt sind (siehe Abschnitte 2.1.2.1 und 5.1). Darüber hinaus besitzt das EA-Vokabular dem Namen entsprechend den Charakter eines Vokabulars und beinhaltet somit die wesentlichen Begriffe und eventuellen Bezüge. Es ist dadurch eventuell weniger ausdrucksstark, verglichen mit existierenden EA-Metamodellen der verschiedenen EA-Frameworks, siehe Erläuterungen in Abschnitt 2.1.4.1.

Die Beziehung zwischen der integrierten Datenbasis und dem EA-Vokabular wird von Abbildung 5.11 schematisch dargestellt. Die Quellen bringen ihre Informationen mit den individuellen Terminologien in die Datenbasis ein. Das EA-Vokabular übernimmt die Rolle einer neutralen Sprachschicht und tritt beim Zugriff auf die Datenbasis an die Stelle der verschiedenen Terminologien der Quellen. Somit werden die Vokabularbegriffe auch im Rahmen der Analyse für die Definition der Auswertungen und Abfragen verwendet (siehe Abschnitt 7.4). Gleichzeitig bleibt das EA-Vokabular flexibel, änderbar und austauschbar.



**Abbildung 5.11:** Nutzung des EA-Vokabulars als neutrale Sprachschicht anstelle der Begriffswelten einzelner Teilarchitekturen (Quelle: Eigene Darstellung)

Damit werden verschiedene Merkmale unterstützt, die in Abschnitt 5.3 als Leitlinien für das Vernetzungs- und Analyseverfahren genannt wurden. So erlaubt das EA-Vokabular dem Unternehmen eine weitreichende Individualität, um eine eigene Begriffswelt auf der übergreifenden Ebene zu beschreiben. Die Teilmodelle behalten dagegen ihre Terminologie und können sich bezüglich Struktur und Format (siehe Abschnitt 2.1.2.2) weiterentwickeln und verändern. Über die Mappings (siehe Abschnitt 5.9.3) werden diese Ausprägungen der Quellen mit dem Vokabular verbunden und kombiniert. Gleichzeitig wird auch eine Weiterentwicklung des Vokabulars im Verlauf der EA-Initiative ermöglicht. Einerseits, wenn sich der Reifegrad der Modelle oder des EA-Verständnisses in den Domänen entwickelt. Andererseits, wenn der Reifegrad der EAM-Initiative insgesamt zunimmt oder wenn weitergehende Informationen und Fragestellungen den EA-Ausbau befördern. So heben auch die in Abschnitt 2.1.2.2 benannten Ansätze aus [Siehe KW07; Siehe Ern10] hervor, dass sich eine EA auf Basis entsprechender Fragestellungen eines Unternehmens (weiter)entwickeln kann.

Das skizzierte Vorgehen ermöglicht die Anpassung des Vokabulars an neue oder veränderte Fragestellungen, ohne die Datenhaltung massiv ändern zu müssen. Die Anpassung der Datenhaltung wäre mit Verweis auf die oben genannte Studie zudem nicht immer einfach möglich.

Die Einbindung des EA-Vokabulars unterteilt sich in zwei Aspekte, die nachfolgend erläutert werden. Der erste Aspekt ist die Festlegung des EA-Vokabulars unter Einbeziehung der EA-Beteiligten. Es werden lediglich die grundlegenden Begriffe und Bezüge beschrieben. Dies ist in der linken Bildhälfte von Abbildung 5.12 dargestellt und wird in Abschnitt 5.9.1.1 erläutert. Der zweite Aspekt ist im Fokus des Abschnitts 5.9.1.2. Dort wird die automatische Anreicherung des EA-Vokabulars um weitere Strukturinformationen betrachtet, was die maschinelle Verarbeitung erleichtert. In Abbildung 5.12 ist dies in der rechten Bildhälfte dargestellt.



**Abbildung 5.12:** Festlegung und automatische Anreicherung des EA-Vokabulars (Quelle: Eigene Darstellung)

### 5.9.1.1 Beschreibung eines EA-Vokabulars mit SKOS

Das EA-Vokabular nimmt als neutrale Sprachebene wie erläutert eine zentrale Rolle ein. Es beinhaltet die Begriffe und ihre Bezüge, mit denen auf die integrierte Datenbasis zugegriffen werden kann. Hierzu werden die verschiedenen Quellinformationen unter diesen zentralen Begriffen zusammengeführt. Das Vokabular beinhaltet jedoch nicht die konkreten Modellinstanzen (z. B. einen ganz spezifischen Task aus einem konkreten BPMN-Prozessmodell), sondern nur den Begriff z. B. für das Konzept „Aktivität“.

Zur Beschreibung des EA-Vokabulars wird im hier skizzierten Vorgehen SKOS vorgeschlagen, einem etablierten Standard im Kontext des Semantic Web zur Beschreibung von Vokabularen (siehe Vorstellung in Abschnitt 4.4.3). Die Eignung von SKOS für ein solches Szenario legt auch eine Umfrage in [Siehe Ege15, S. 34] nahe, wonach SKOS für Vokabulare oft präferiert wird, weil es einerseits ein Standard ist und andererseits mit anderen RDF-Daten verbunden werden kann. Zur Beschreibung des Vokabulars und seiner Bestandteile stehen verschiedene SKOS-Konstrukte bereit (siehe W3C-Dokument [MB09] und Abschnitt 4.4.3).

Die Kombination des SKOS-Vokabulars und der RDF-Daten ist dabei essenziell. Es können damit Anfragen zentral über ein solches Vokabular an zusammengeführte Informationsbestände, mit sonst eigenen Begriffssystemen, gestellt werden und zugleich kann auf eine aufwendige Integration auf Datenbankebene verzichtet werden [Siehe MP07, S. 70]. Solche Szenarien sind somit etabliert und erprobt. Für die Nutzung zur Modellierung eines EA-Vokabulars, wie im vorliegenden Fall, hat SKOS hingegen noch keine breite Anwendung erfahren.

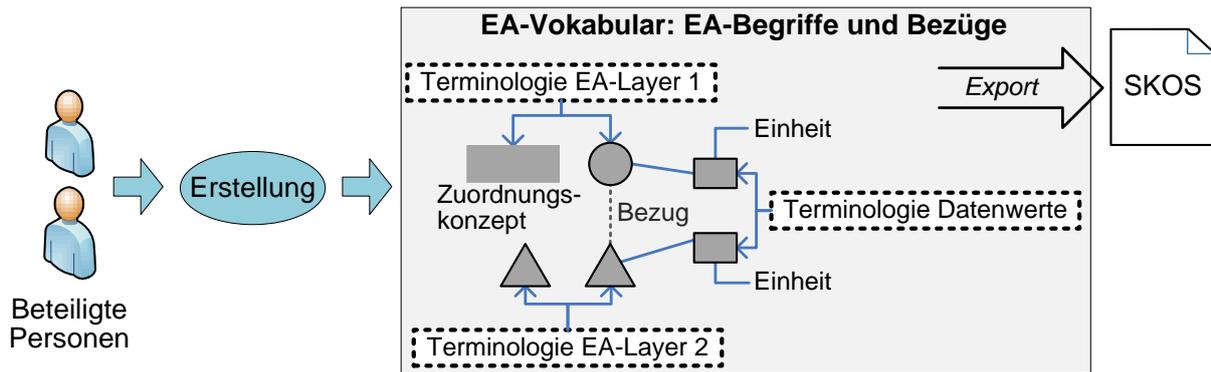
Es existieren viele Editoren, mit denen ein Vokabular gemäß dem SKOS-Standard beschrieben werden kann. Eine ausführliche Auflistung liefert [Siehe Sem13]. Die Beschreibung kann häufig ohne tiefe technische Kenntnisse erfolgen, sogar SKOS-Kenntnisse sind oftmals nicht direkt erforderlich, da die Strukturen im Hintergrund von den Werkzeugen erzeugt werden. Somit wäre es allen beteiligten Personen möglich, aktiv an der Vokabularbeschreibung mitwirken zu können. SKOS bietet auf diese Weise eine effiziente (toolgestützte) Möglichkeit, um ein solches Vokabular zu erstellen. Des Weiteren kann das EA-Vokabular, je nach Werkzeugunterstützung, gleichzeitig die Rolle eines zentralen Glossars im Unternehmen einnehmen. So kann SKOS zusätzliche Notizen, Definitionen, Vermerke usw. an Konzepten hinterlegen [Siehe MB09].

Dies ist ein Vorteil gegenüber vielen anderen Vorgehensalternativen, in denen die Erstellung von Ontologien aufwendig oder sogar problematisch ist. In Abschnitt 5.2.1 wurde diesbezüglich, unabhängig vom Semantic Web, bereits auf die Herausforderungen bei der Erstellung einer EA bzw. eines EA-Metamodells im Speziellen eingegangen. Doch auch allgemein ist die Erstellung einer konzeptionell richtig definierten und formal korrekten Ontologie aufwendig, wie in [Siehe Stu11a, S. 155 ff.] zum Aspekt der Ontologieerstellung ausgeführt ist.

Nach der Begründung SKOS zur Beschreibung des EA-Vokabulars zu verwenden, wird nun näher auf die Ausgestaltung des EA-Vokabulars eingegangen. Hierbei kann ein erster Vokabularentwurf z. B. im Rahmen eines Workshops mit den beteiligten Personen aus den Domänen und von der EAM-Initiative erstellt werden. Dies ist in Abbildung 5.13 skizziert. Das Schaubild verdeutlicht zudem, dass die Vokabularbeschreibung oft auf der konzeptionellen Ebene stattfindet. Die Transformation in die technische Repräsentation erfolgt üblicherweise transparent im Hintergrund, etwa durch Export des Vokabulars.

Das EA-Vokabular kann inhaltlich frei gewählt und individuell festgelegt werden. Dennoch seien folgende Konventionen für die Strukturierung auf hoher Ebene angenommen, welche die automatische Verarbeitung erleichtern. Sie sind allerdings nicht zwingend. Ohne ihre Berücksichtigung wären jedoch möglicherweise individuelle Anpassungen beim Matching (siehe Abschnitt 5.9.3) oder der Nutzung (etwa bei der Analyse, siehe Kapitel 7) notwendig, z. B. um Datenwerte oder Elementbezüge übernehmen und verwenden zu können. Die Konventionen vereinfachen somit die Ausgestaltung des Konzepts. Zugleich dient dies bewusst der besseren Nachvollziehbarkeit im Rahmen der vorliegenden Arbeit. Neben diesen Konventionen erfolgen keine Festlegungen zu Struktur oder Inhalt.

Eine erste Konvention ist, dass das EA-Vokabular in mehrere Hierarchien geordnet ist. Etwa angelehnt an die EA-Schichten im üblichen EA-Verständnis (vgl. Abschnitt 2.1.4.1). Wobei die Hierarchien nicht zwingend mit der Einteilung der Detailmodelle übereinstimmen müssen,



**Abbildung 5.13:** Beschreibung der zentralen EA-Begriffe und deren Bezüge in Form eines EA-Vokabulars mittels SKOS (Quelle: Eigene Darstellung)

sondern losgelöst davon gestaltet sein können. Die Begriffe unterhalb der jeweiligen Hierarchie-Oberbegriffe werden dann als Konzepte interpretiert, die für den Zugriff auf die Datenbasis zur Verfügung stehen. Ebenso werden die Vokabularbegriffe im Rahmen der Mappingdefinitionen verwendet (siehe Abschnitt 5.9.3).

In SKOS steht das in Abschnitt 4.4.3 erwähnte Prädikat `skos:hasTopConcept` zur Verfügung, um die Oberbegriffe auszuzeichnen. Über die ebenfalls erwähnten, weiteren SKOS-Prädikate können dann die Begriffe in Über-Unter-Relationen angeordnet werden (Prädikate `skos:broader` oder `skos:narrower`). Die Beschreibung des Vokabulars basiert somit auf den standardmäßig vorhandenen Möglichkeiten von SKOS.

Das zu Beginn festgelegte Zuordnungskonzept (siehe Abschnitt 5.8.1) wird ebenfalls als ein Begriff im Vokabular aufgenommen. Wohlgermerkt nur das Konzept der Zuordnungen, nicht die einzelnen konkreten Zuordnungsinstanzen.

Für die Konzepte der zu repräsentierenden Datenwerte sollte eine eigene Hierarchie vorbehalten sein, da sie durch ihre Bezüge zu Einheiten sowie der Verwendung im Rahmen der Analysen eine Sonderrolle einnehmen und eventuell gesondert zu behandeln sind. Mittels der Verbindungsmöglichkeiten in SKOS (siehe Abschnitt 4.4.3) können die Datenwertbegriffe mit den entsprechenden Begriffen der anderen Hierarchien beliebig verbunden werden.

Wie die Hierarchien bzw. Schichten zu benennen sind oder welche Begriffe darunter definiert werden, kann flexibel ausgestaltet werden. Dabei ist es auch zulässig, einzelne Konzepte oder Verbindungen aus den Detailmodellen nicht explizit im EA-Vokabular widerzuspiegeln. Wie in Abschnitt 5.7.1 erläutert, werden möglichst viele detaillierte Informationen aus den Quellen integriert, so auch die vorhandenen Ressourcen und Verbindungen. Somit können diese später beim Zugriff auf die Datenbasis durchlaufen werden, auch wenn sie nicht explizit auf Vokabularkonzepte abgebildet wurden. Einzig ist es dann nicht vorgesehen, dass die Konzepte in Abfragen oder Auswertungen verwendet werden. Hintergrund dabei ist, dass sich eine Abfrage nur auf die direkt im Vokabular definierten Konzepte beziehen sollte.

Durch die Verwendung allgemeiner `related`-Beziehungen in SKOS können Beziehungen zwischen Begriffen zweier Hierarchien hergestellt werden. Das erleichtert auch die Definition des EA-Vokabulars. Aus eigener Projekterfahrung kann die von allen Beteiligten akzeptierte Festlegung von Beziehungstypen auf feingranularer Ebene als schwierig angesehen werden, wie z. B. die Abgrenzung der gewählten Verknüpfungstypen „unterstützt“, „realisiert“ und „beeinflusst“ in einigen EA-Metamodellen. Die neutrale `related`-Beziehung in SKOS abstrahiert davon. Der Vorteil der abstrakteren Definition steht der weniger ausdrucksstarken Beschreibung gegenüber. Wobei das einfachere Verständnis hier als vorzugswürdiger bewertet wird.

Hierzu führen *Miles* und *Pérez-Agüera* [MP07] aus, dass SKOS an diesem Punkt erweiterbar ist. Dadurch kann eine individuelle Beziehung auf Basis eines grundlegenden, existierenden Beziehungstyps eingeführt werden. Eine spezifische Bedeutung könnte ergänzend individuell vereinbart werden. Durch das Ableiten von bestehenden Beziehungen kann das Vokabular weiterhin mit Standardmitteln verarbeitet werden, etwa durch Inferenz. Denn die Verarbeitung könnte weiterhin auf die allgemeineren Standard-Relationen zurückgreifen, falls die spezifischeren Relationen nicht bekannt wären. [Zu diesem Absatz siehe MP07, S. 74, 77-78]

Durch diese Verknüpfung von Begriffen auf Vokabularebene lassen sich konzeptionelle Verbindungen oberhalb der Detailmodelle definieren, unabhängig von existierenden, direkten Verbindungen in den Detailmodellen oder beschränkt durch bisherige Modellgrenzen. Die Abfragetechniken im Semantic-Web-Umfeld ermöglichen über gegebenenfalls mehrere Ressourcen hinweg, indirekte Verknüpfungen zwischen Ressourcen zu ermitteln, sofern vorhanden (siehe Abschnitt 4.3.5). Zugleich sind diese Verbindungen für konkrete Auswertungen nutzbar.

Damit Auswertungen und Analysen später zu einem Element, auch dessen Datenwerte berücksichtigen können, ist wie in Abbildung 5.13 visualisiert, eine weitere Konvention vorgesehen. Die Begriffe aus den Hierarchien bzw. EA-Layern verweisen im Vokabular auf zugehörige Datenwertkonzepte aus der Datenwert-Begriffshierarchie. Sei zum Beispiel „Aktivität“ als Begriff für eine Prozessaktivität in einer der Begriffshierarchien definiert. Zu dieser Aktivität soll die Bearbeitungszeit als Datenwertkonzept im Vokabular festgelegt werden, damit später in einer Auswertung auf die Bearbeitungszeiten von Aktivitäten zurückgegriffen werden kann. Dann sei gemäß den obigen Erläuterungen die allgemeine *related*-Beziehung in SKOS genutzt, um „Bearbeitungszeit“ mit „Aktivität“ zu verknüpfen.

Es wurde im Abschnitt 5.8.3 ausgeführt, dass bei Bedarf die Datenwerte der Detailmodelle im Rahmen der Integration transformiert werden können. Die Bedeutung einer Transformation bzw. Konvertierung wird auch in [Siehe AH11, S. 279 ff.] hervorgehoben, weil quantitative Daten eventuell in unterschiedlichen Einheiten vorliegen könnten und folglich eine Konvertierung angemessen ist, falls dies möglich ist.

Hierfür ist die Information über die Zieleinheit im Vokabular festzuhalten. Ein Beispiel für eine Umwandlung ist die Angabe einer Zeitdauer in Sekunden im Detailmodell, wohingegen im EA-Vokabular die Angabe vereinheitlicht in Minuten festgelegt ist. Dazu ist also im Vokabular neben dem Begriff für den Datenwert, z. B. „Bearbeitungszeit“, auch eine Referenz auf die gewünschte Einheit festzulegen. Die Einheiten im Vokabular sollten analog zu der Überführung der Detailmodelle in RDF (siehe Abschnitt 5.8.4) auch durch allgemein anerkannte IRIs repräsentiert werden. Dabei sollte es sich idealerweise um IRIs gleicher Herkunft handeln. Das erleichtert die Transformation.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um von einem SKOS-Begriff auf eine Ressource (hier: IRI als Stellvertreter einer Einheit) zu verweisen. Wie zuvor in Abschnitt 4.4.3 erläutert, ist das Prädikat `dct:subject` eine mögliche Variante. Wobei auch alternative Prädikate möglich wären, sofern die beteiligten Systeme dies jeweils berücksichtigen. Dieses hängt mitunter auch vom SKOS-Editor und den dort zugelassenen Prädikaten ab. So ist auch `skos:closeMatch` ein mögliches Prädikat, welches direkt aus SKOS stammt und keine zweite Ontologie verwendet. Eventuell gibt es jedoch in den W3C-Recommendations Einschränkungen der eigentlich vorgesehenen Subjekte und Objekte für jene Prädikate, sodass eine entsprechende Abwägung bezüglich der konkreten Nutzung zu treffen wäre. Das jeweils vereinbarte Verfahren ist beim Erweitern des Vokabulars entsprechend zu berücksichtigen.

Aus diesem Grund sei für den vorliegenden Ansatz die Verwendung eines bestimmten Prädikates für den Verweis auf eine Einheit, eine weitere Empfehlung.

Nur durch die Angabe der Einheiten mittels IRI erfolgt noch keine Transformation der konkreten Werte. Dies kann jedoch bei der Ausführung der Mappings (siehe Abschnitt 5.9.4.3), aufgrund der hinterlegten IRIs für die Einheiten, maschinengestützt erfolgen.

### 5.9.1.2 Erweiterung zu einem dynamisch angereicherten Vokabular

Auf die Positionierung von SKOS zu anderen Ontologien gehen etwa *Baker, Bechhofer, Isaac, Miles, Schreiber* und *Summers* [Bak+13] ein. Demzufolge werde ein SKOS-Vokabular im Allgemeinen unabhängig von konkreten Instanzen gesehen und beschränke sich daher auf die Vokabular-Repräsentation. Aus diesem Grund seien die SKOS-Inhalte getrennt von den Klassen und Instanzen anderer Ontologien. Ein SKOS-Konzept werde dann nicht gleichzeitig als Klasse einer anderen Ontologie behandelt.[Siehe Bak+13, S. 37-39]

Andere Ontologien können zudem formaler sein, sodass es gemäß [Siehe BM08; Siehe Bak+13, S. 39] die Auffassung gibt, wonach die SKOS-Konzepte und die Ontologie-Klassen nicht vereint werden sollten. Zugleich gibt es aber, wie in [Siehe BM08; Zustimmend vgl. Euz09] aufgezeigt, häufig den Wunsch, ein SKOS-Vokabular und die umfangreicheren Möglichkeiten einer Ontologie, etwa bei der Abfrage von Wissen oder der Ableitung von neuem Wissen durch Inferenz, zu kombinieren. Folglich besteht eine abweichende Auffassung darin, dass SKOS-Konzepte durchaus gleichzeitig Bestandteile von formaleren Ontologien sein können [Siehe Bak+13, S. 39].

Für diese zweite Auffassung beschreiben *Bechhofer* und *Miles* [BM08] zwei mögliche Varianten, um ausgehend von einem SKOS-Vokabular eine formalere Repräsentation zu erhalten, in ihrem Fall auf Basis von OWL. Die nachfolgenden Ausführungen in diesem Absatz beruhen dabei auf dieser Beschreibung. Eine erste Variante wäre demnach, das SKOS-Vokabular zu transformieren und für die Vokabularkonzepte neue Klassen mit eigenen IRIs zu erzeugen sowie mit anderen Prädikaten zu verbinden. Damit wären die Ressourcen getrennt und auch die Inferenz würde getrennt für diese beiden Bereiche erfolgen. Über spezifische Prädikate können Referenzen zwischen den ursprünglichen SKOS-Konzepten und den neuen Klassen hergestellt werden. Bei der zweiten Variante würden hingegen keine neuen Klassen erzeugt werden, sondern es würden die bestehenden SKOS-Konzepte verwendet werden. Die gewünschten zusätzlichen Statements würden demnach erzeugt und in die bestehende Wissensbasis eingefügt. In [BM08] wird diesbezüglich davon gesprochen, dass das bestehende Vokabular durch neue Semantik überlagert wird. Ein SKOS-Konzept ist dann gleichzeitig auch eine Klasse. Zudem können beliebige weitere Prädikate zwischen den Elementen eingefügt werden.[Zu diesem Absatz siehe BM08]

Zur ersten Variante, das Vokabular zu transformieren, werden etwa in [Siehe Euz09] Regeln aufgeführt, wie die SKOS-Sprachbestandteile in OWL-Konstrukte übersetzt werden können.

Auch für den vorliegenden Ansatz dieser Arbeit soll ausgehend vom bestehenden EA-Vokabular, beschrieben in SKOS, eine Erweiterung stattfinden. Ziel ist es analog zu der geschilderten Motivation in [Siehe BM08], erweiterte Inferenzmöglichkeiten nutzen und Abfragen flexibler definieren zu können. Zudem können Elemente der Detailmodelle oder beim Matching neu erzeugte Elemente direkt mit dem Vokabular verknüpft werden. Insofern sind zusätzliche Strukturinformationen vorzusehen, welche die maschinelle Verarbeitung verbessern und gleichzeitig auch die Eindeutigkeit der Statements durch spezielle Prädikate für Bezüge zwischen Ressourcen erhöhen. Der Zugriff wird insgesamt standardisiert. Abbildung 5.14 verdeutlicht diesen Vorgang. Ausgehend von dem zuvor festgelegten SKOS-Vokabular wird das Vokabular durch automatische Ergänzung um weitere Informationen angereichert.



**Abbildung 5.14:** Automatische Anreicherung des EA-Vokabulars um Strukturinformationen für einen standardisierten Zugriff (Quelle: Eigene Darstellung)

Im vorliegenden Fall wurde die zweite Variante aus [Siehe BM08] gewählt, also das Überlagern des bestehenden SKOS-Vokabulars durch zusätzliche Statements. Hauptgrund dafür ist die Intention, dass die SKOS-Konzepte gleichzeitig den Klassen entsprechen sollen, die als Basis für die konkreten Instanzen in der integrierten EA-Datenbasis genutzt werden sollen. Es entfällt somit die Notwendigkeit, die SKOS-Konzepte in eigenständige Klassen zu transformieren, wodurch die Ressourcen künstlich zu verdoppeln und neue IRIs zu schaffen wären. Zudem können bei Abfragen dieselben IRIs verwendet werden. Im vorliegenden Konzept werden die neuen Statements jedoch nur auf Basis von RDFS erzeugt und nicht auf Basis der ausdrucksstärkeren OWL. Wie zuvor bereits erläutert, bietet RDFS eine im Allgemeinen ausreichende Ausdruckskraft bei gleichzeitig effizienter Nutzbarkeit. Für die Inferenz sind dadurch Reasoner ausreichend, welche die RDFS-Semantik berücksichtigen.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass mit entsprechender Berücksichtigung in den Mappings und beim späteren Zugriff, auch die erste Variante (Transformation) möglich wäre.

Nachfolgend sei nun auf die zusätzlich einzufügenden Statements eingegangen, welche das EA-Vokabular anreichern. Diese Ergänzungen können automatisiert im Hintergrund und somit ohne Interaktion durch die beteiligten Personen erfolgen.

Zunächst werden die in SKOS definierten Konzepte als RDFS-Klassen ausgewiesen. Hierzu werden Statements mit dem Prädikat `rdf:type` definiert, in denen die Konzepte als Subjekte und die vordefinierte RDFS-Ressource `rdfs:Class` für die Objekte genutzt werden (siehe Abschnitt 4.3.3). Dies erfolgt sowohl für die Begriffe als auch für die eingefügten Hierarchien im EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.1.1). Ebenfalls wird als Klartextbezeichnung (Prädikat `rdfs:label`) die bisherige Hauptbezeichnung (Prädikat `skos:prefLabel`) des SKOS-Konzepts übernommen. Somit steht die Bezeichnung unter dem gebräuchlichen Prädikat `rdfs:label` zur Verfügung.

Daneben sei empfohlen, in einem eigenen Namespace ergänzende Klassen und Prädikate zu definieren, welche die maschinelle Verarbeitung erleichtern. Diese dienen der expliziten Beschreibung der Vokabularstruktur. Hierzu ordnen sie die Konzepte bestimmten Ressourcen zu, für die intern eine bestimmte Bedeutung festgelegt werden kann. So ist eine Klasse `Layer` vorgesehen, zu der die jeweiligen Oberkonzepte der Hierarchien zugeordnet werden können. Zur Unterscheidung können die anderen Begriffe einer weiteren Klasse `Element` zugeordnet werden. Für die Umsetzung der vorhandenen Über-Unter-Relationen innerhalb des SKOS-Vokabulars (Prädikate `skos:broader` bzw. `skos:narrower`) seien neue Statements mit dem Prädikat `rdfs:subClassOf` eingeführt, um zwei betreffende Klassen damit zu verbinden und die Klassenstruktur explizit zu machen. Da es ein RDFS-Standardprädikat ist, kann dessen Semantik automatisch beim Reasoning berücksichtigt werden.

Eine weitere Ergänzung betrifft die Bezüge mittels der unspezifischen `related`-Prädikate in SKOS zwischen Begriffen unterschiedlicher Hierarchien. Zur besseren Unterscheidung seien neue Prädikate definiert, welche mit sprechendem Namen die Verbindung bereits eindeutig repräsentieren. Die maschinelle Verarbeitung kann somit vereinfacht werden, da die Verbindungen differenzierter sind. Technisch kann dies auch alternativ gelöst werden, dennoch wird diese Konvention als Empfehlung zur Vereinfachung vorgeschlagen. Gleichzeitig erhöht dies die Lesbarkeit und Nachvollziehbarkeit bei der Betrachtung von der RDF-Repräsentation.

Im einfachsten Fall können diese neuen Prädikate z. B. mit dem Anfangswort „`linkTo`“, gefolgt von dem Konzeptnamen (unter Beachtung eventueller Sonderzeichen-Restriktionen) benannt werden. Somit bleiben die verschiedenen Bezüge zwischen den Klassen eindeutig unterscheidbar. Zugleich wäre dies eine Möglichkeit, bei explizitem Bedarf des Anwendungskontexts, verschiedene Beziehungstypen zu unterscheiden. So könnte statt des Anfangsworts `linkTo` eine speziellere Ausprägung gewählt werden. Beispiele hierfür sind die zuvor erwähnten Varianten „unterstützt“, „realisiert“ oder „beeinflusst“.

Durch diese neuen Prädikate lässt sich etwa die Beziehung zwischen einem Vokabularkonzept (z. B. „Geschäftsprozess“) zu einem Datenwertkonzept (z. B. „Prozess-Durchlaufzeit“) eindeutig und differenziert abbilden. Später können diese Prädikate auch auf Ebene der Instanzen aus den Domänenmodellen für eindeutige Verbindungen genutzt werden.

Schließlich kann auch die Referenzierung der Einheiten im Fall der Datenwertkonzepte durch ein Prädikat erfolgen, etwa `rdf:type` oder ein spezifisches Prädikat, wie z. B. `hasUnit` (siehe Abschnitt 4.4.1). Der Zugriff auf diese Informationen wird dadurch standardisiert. Hierbei ist auch die getroffene Festlegung in Abschnitt 5.9.1.1 zu berücksichtigen, mit welchem Prädikat die Einheit im SKOS-Vokabular referenziert wird.

Auf eine technische Implementierung soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Es gibt verschiedene Umsetzungen hierzu, etwa auf Basis von SPARQL oder Inferenzregeln, um die Informationen des SKOS-Vokabulars abzufragen und die neuen Statements zu erzeugen.

## 5.9.2 Einbindung der Datenquellen

In diesem Abschnitt soll auf mögliche Varianten eingegangen werden, wie die Informationen aus den Datenquellen (u. a. Domänenmodelle und Datenwertquellen) in die EA bzw. die integrierte Datenbasis eingebunden werden können. Abbildung 5.15 skizziert vier mögliche Varianten. Varianten A und B erfolgen ohne Einsatz von Technologien des Semantic Web. Es sind etablierte Verfahren, bei denen die Informationen aus Teilarchitekturen oder Quellen entnommen und in die EA eingefügt werden (vgl. Abschnitte 5.1 und 5.2.1). Es sei nur kurz auf diese Varianten eingegangen, da zuvor bereits einige Aspekte dazu erläutert wurden.

Wesentliches Merkmal von Variante A ist die manuelle Erzeugung der EA-Inhalte direkt im EAM-Werkzeug. Das können je nach Ausgestaltung der EA abstrahierte oder detaillierte Inhalte sein (vgl. Abschnitte 2.1.2.1 und 2.1.2.3). Allerdings wurde in den Abschnitten 5.1 und 5.2.1 bereits auf die damit verbundenen Herausforderungen eingegangen, wie etwa der hohe Aufwand und die Sicherstellung der Datenqualität. Es entsteht dabei ein EA-Silo, das eine losgelöste, eigene Datenbasis darstellt und neben die Informationsbestände der Domänen und deren Dokumentationswerkzeuge tritt.

Variante B stellt ein Szenario dar, bei dem aggregierte Teile der bestehenden Daten durch Import in das EAM-Werkzeug übernommen werden können. Wie in Abschnitt 5.2.1 bereits genannt wurde, werden die Import-Funktionalitäten der EAM-Werkzeuge jedoch oft nur als eingeschränkt angesehen. Eine umfangreiche Übersicht über die Import-Fähigkeiten verschie-

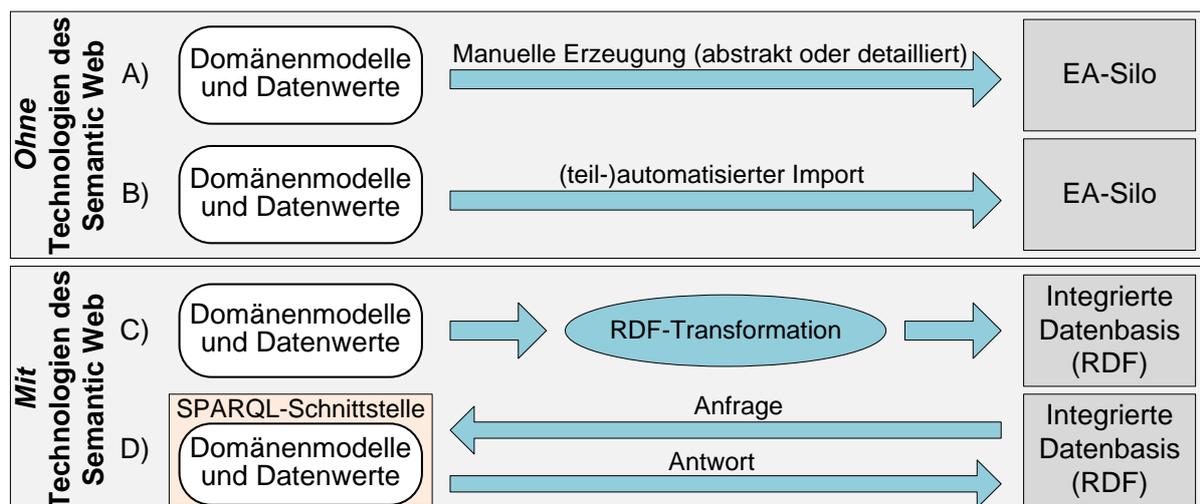


Abbildung 5.15: Varianten bezüglich der Einbindung von Datenquellen (Quelle: Eigene Darstellung)

dener EAM-Werkzeuge wird in der Studie in [Vgl. Mat+08] gegeben. Es kann angenommen werden, dass sich der Aufwand für die Befüllung der EA gegenüber der manuellen Erzeugung der EA-Inhalte reduzieren wird. Zudem kann durch die effizientere Übernahme der Daten eine höhere Aktualität erreicht werden, eventuell gestützt durch ein automatisiertes Pflegekonzept (siehe Abschnitt 5.2.1). Dabei kann das EA-Metamodell fest durch das Werkzeug vorgegeben sein oder durch das Unternehmen individuell angepasst worden sein (siehe Abschnitt 2.1.4.1). Der EAM-Werkzeug-Studie in [Siehe Mat+08] folgend, bieten jedoch nicht alle Werkzeuge diese Anpassungsmöglichkeiten. Somit richten sich die Datenhaltung und der Zugriff nach dem definierten Metamodell. Andererseits können bei einem festen Schema möglicherweise Funktionalitäten optimiert oder z. B. Auswertungen vorbereitet werden, was ein Vorzug darstellen kann (siehe Abschnitt 5.5). Im Ergebnis kann auch bei dieser Variante ein EA-Silo entstehen, das eine weitgehend losgelöste, eigene Datenbasis darstellt.

Demgegenüber stehen die in der Abbildung 5.15 dargestellten Varianten C und D, die jeweils Technologien des Semantic Web für die Übernahme der Daten in die integrierte Datenbasis einsetzen. Wobei explizit darauf hingewiesen sei, dass diese beiden Varianten auch kombiniert auftreten könnten. Dies hängt im Einzelfall von den Möglichkeiten der jeweiligen Datenquellen ab. Dies lässt sich auch für die Varianten A und B aussagen, da auch dort einzelne Daten manuell und andere (teil-)automatisiert in das EA-Silo übernommen werden könnten.

Variante C entspricht dabei dem etablierten Vorgehen, wie verschiedene Quelldaten im Umfeld des Semantic Web in eine gemeinsame Datenbasis integriert werden können. Auf diese Vorgehensweise wurde in Abschnitt 4.4.5 ausführlich eingegangen. Die bestehenden Daten werden aus der Quelle entnommen und in eine RDF-Repräsentation überführt. Hierbei kann individuell festgelegt sein, in welchem Umfang die Daten aus der Quelle entnommen werden sollen. So könnte z. B. nur ein Teil der Daten verwendet werden oder der vollständige Datenbestand in RDF transformiert werden. Diese Inhalte stehen dann für die Übernahme in die integrierte Datenbasis zur Verfügung. Vorteilhaft ist, dass die Daten in der Datenbasis vorliegen und somit direkt zugreifbar sind. Auch das Reasoning (siehe Abschnitt 4.3.4) kann unmittelbar auf dieser Datenbasis erfolgen und zudem bei Bedarf vorab berechnet werden.

Im Gegensatz dazu bietet Variante D die Möglichkeit, die Daten gezielt bei der Datenquelle abzufragen. In Abschnitt 4.4.5 wurde dieses Vorgehen mit Bezug auf SPARQL bereits erläutert. Ein Vorteil dabei ist, dass stets die aktuellen Daten zurückgeliefert werden. Allerdings ist jedoch

der Datenabruf möglicherweise aufwendiger, da jede Anfrage an die zentrale EA-Datenbasis in eine oder mehrere Teilanfragen aufgeteilt werden müsste, und diese an die dezentralen Datenquellen gestellt werden würden [Siehe AH11, S. 109 ff.]. Anschließend werden die Daten jeweils durch eine Datenquelle ermittelt, aufbereitet und als Ergebnis zurückgesendet. Aufseiten der EA-Datenbasis müssen die erhaltenen Daten am Ende zusammengeführt und verarbeitet werden, da keine Vorberechnungen erfolgen können. Die Erstellung der Teilanfragen muss dann bereits das Alignment und dessen Mappings (siehe Abschnitt 5.9.3) berücksichtigen. Die ursprüngliche Anfrage mittels des EA-Vokabulars wird hierzu intern in die Strukturen umgesetzt, wie sie an den SPARQL-Schnittstellen gegeben sind. Das sogenannte „Query Rewriting“ (siehe Abschnitt 4.4.4) ist somit erforderlich.

Die Erläuterungen zum hier vorgestellten Vernetzungsansatz beziehen sich aufgrund der besseren Nachvollziehbarkeit auf die skizzierte Variante C. Wobei unter Berücksichtigung der genannten Rahmenbedingungen auch die Variante D möglich wäre. Es bleibt daher einer konkreten Ausgestaltung des Ansatzes überlassen, ob Variante C oder D oder eine Mischung aus beiden eingesetzt werden soll.

Auch in der Praxis überwiegen Szenarien, die der Variante C entsprechen. Das kann etwa in [Siehe HER15, S. 2-5] entnommen werden, wonach die Daten aufgrund der sichergestellten Zugriffszeiten und der Verfügbarkeit vorab integriert werden und nicht erst zum Zeitpunkt der einzelnen Anfragen. Darauf wurde auch in Abschnitt 5.4 im Rahmen einer Betrachtung der Relevanz von den Technologien des Semantic Web für Unternehmen eingegangen. Zumal bereits in Abschnitt 5.2.1 festgestellt wurde, dass in der Praxis ein kurzer zeitlicher Verzug bezüglich der Übernahme von Aspekten aus den Detailmodellen in die EA akzeptiert wird. Auf der anderen Seite wird in [Siehe AH11, S. 109 ff.] darauf hingewiesen, dass eine Integration aufgrund großer Datenmengen eventuell nicht effizient möglich sein könnte, weshalb dann per SPARQL auf diese Datenquellen bei Bedarf gezielt zugegriffen werden sollte.

Für die weitere Nutzung und den Zugriff, etwa bei der Analyse in Kapitel 7, ist die Art der Einbindung jener Datenquellen nachrangig. Dort wird von einer integrierten Datenbasis ausgegangen, welche beim Zugriff die relevanten Daten berücksichtigt und ggf. liefert.

## **5.9.3 Matching der Datenquellen mit dem EA-Vokabular**

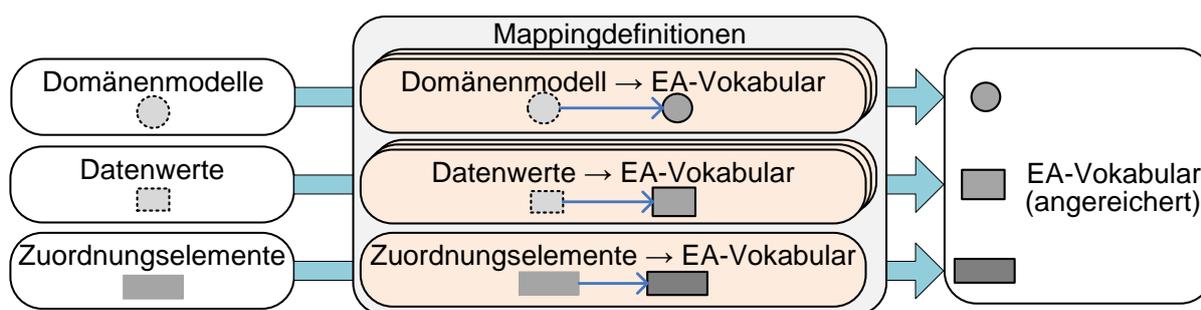
### **5.9.3.1 Übersicht über die Erstellung von Mappings zwischen den Datenquellen und dem EA-Vokabular**

Es wurde bereits erläutert, wie die Datenquellen in das gemeinsame Datenmodell RDF überführt werden können (siehe Abschnitt 5.8.4) und wie das angereicherte EA-Vokabular entsteht (siehe Abschnitt 5.9.1). Unabhängig von der im vorangegangenen Abschnitt gewählten Variante der Einbindung jener Datenquellen sind die Begriffswelten der Quellen und des Vokabulars bis zu dieser Stelle noch nicht verbunden worden. Gemäß dem verbreiteten Vorgehen zur Vernetzung und Integration von Datenquellen im Semantic Web (siehe Abschnitt 4.4.5) ist es daher erforderlich, die Quellen auf Begriffsebene mit dem Vokabular zu verbinden.

Dies betrifft das Matching von Ontologien, wie es in Abschnitt 4.4.4 erläutert wurde. Folglich ist es auch in diesem spezifischen Fall der Einbindung von EA-Quellen erforderlich, jeweils entsprechende Beziehungen zwischen einer Quelle und dem EA-Vokabular zu finden. Diese Beziehungen werden in Form expliziter Mappings formuliert, auf die in Abschnitt 5.9.3.2 zunächst konzeptionell und dann in Abschnitt 5.9.3.3 gezielt hinsichtlich des genauen Aufbaus eingegangen wird.

Der in diesem Kapitel skizzierte Vernetzungsansatz sieht vor, dass die Quellen jeweils nur auf das EA-Vokabular gemappt werden. Das Ziel besteht somit darin, ausgehend von den Begriffen bzw. Klassen jeweils einer Quelle, Mappings auf Begriffe des EA-Vokabulars zu ermitteln. Dieses ergibt sich aus der Rolle des EA-Vokabulars als zentrale Begriffsebene. Hierzu seien zwei wesentliche Aspekte hervorgehoben. Der Ansatz betrachtet primär die Richtung von der Datenquelle zum EA-Vokabular, die Rückrichtung steht dabei nicht im Fokus. Der Ansatz sieht die Datenquellen als die Ursprungsquellen für Informationen an, aus denen sich die EA-Datenbasis zusammensetzt. Ein Zurückschreiben von Daten der EA-Datenbasis in die Datenquellen ist nicht im Fokus des Ansatzes (siehe Abschnitt 5.3).

Es erfolgt kein Matching der Quellmodelle untereinander. Diese werden nur über die indirekte Verbindung (siehe Abschnitt 5.7.2) in Beziehung gesetzt. Auf der Begriffsebene erfolgt zudem die Überlagerung durch das EA-Vokabular. Dieses ist in Abbildung 5.16 verdeutlicht, wonach die Mappingdefinitionen die Begriffe bzw. Klassen und Prädikate der Quellen auf die Vokabularkonzepte und -prädikate abbilden. Wie in Abschnitt 4.4.4 verdeutlicht, geht es zunächst um das Matching auf Konzeptebene. Nachgelagert erfolgt dann die Behandlung der Instanzebene. Als Datenquellen kommen hierbei die Zuordnungselemente, die Domänenmodelle sowie die Modelle mit den Datenwerten infrage.



**Abbildung 5.16:** Schematische Darstellung des Matchings der Quellen mit dem EA-Vokabular (Quelle: Eigene Darstellung)

Der vorliegende Ansatz trifft hierbei keine Festlegung, wie das Matching zu ermitteln ist. In Abschnitt 4.4.4 wurde hervorgehoben, dass das Matching eine eigene Forschungsdisziplin ist, in der Techniken und Algorithmen zur Unterstützung dieser Tätigkeit entwickelt werden [Ergänzend vgl. Av08, S. 235 ff.; und vgl. Den12, S. 137 ff.]. Wobei ebenfalls herausgestellt wurde, dass im Allgemeinen kein vollständig automatisches Matching zum Einsatz kommt. Auch an dieser Stelle kann von einem Zusammenspiel aus Benutzerinteraktion und automatischem Matching ausgegangen werden. Dies ist unmittelbar nachvollziehbar, da vielfach fachliche oder auch implizite Aspekte das Matching in der Praxis beeinflussen können.

So ist etwa ein Szenario realistisch, wo ein bestimmtes Konzept aus einem Quellmodell nicht auf ein einzelnes Zielkonzept des Vokabulars abgebildet werden kann. Eventuell wäre die Abbildung auf zwei verschiedene Vokabularkonzepte erforderlich, abhängig von den konkreten Attributausprägungen der jeweiligen Quellmodellinstanzen. Für ein vollständig automatisches Verfahren könnte die Zuordnung hierbei schwierig sein und verglichen mit einer menschlichen Experteneinschätzung teilweise zu unerwünschten Ergebnissen führen. Dies gilt besonders, falls sehr spezifisches Wissen über das Anwendungsgebiet erforderlich ist.

An dieser Stelle wird vereinfachend vom Beispiel eines Algorithmus ausgegangen, der auf Basis der Konzeptnamen, unter Berücksichtigung von z. B. Abweichungen und Synonymen, einen initialen Vorschlag für ein Alignment von Quellmodell und Zielmodell (EA-Vokabular) auf Kon-

zeptebene herstellt (vgl. Abschnitt 4.4.4 und [Siehe Den12, S. 143]). Da die Forschungsdisziplin „Ontology Matching“ sehr aktiv verfolgt wird, soll an dieser Stelle nicht auf einen einzelnen Algorithmus eingegangen werden. Stattdessen sei auf die „Ontology Alignment Evaluation Initiative“ [Euz18] verwiesen, wie sie in Abschnitt 4.4.4 vorgestellt wurde.

Die Mappings können dabei zu Beginn definiert werden und müssen nur bei signifikanten, strukturellen Veränderungen der beteiligten Quellen modifiziert werden. Die spätere Ausführung (siehe Abschnitt 5.9.4.5) erfolgt hingegen wiederkehrend zu bestimmten Zeitpunkten oder wenn sich die Inhalte (u. a. Instanzen) verändert haben. Erfolgt die Einbindung einer Datenquelle mittels Variante D, mit Verwendung von SPARQL-Anfragen (siehe Abschnitt 5.9.2), dann würden die Mappings für jede Informationsanfrage zu berücksichtigen sein.

Im allgemeinen, mit Verweis auf [Siehe EMS08, S. 177-178] in Abschnitt 4.4.4 geschilderten Fall, kann das Matching bei entsprechendem Kenntnisstand bereits während der Entwicklung erfolgen. Sonst kann dies auch später zur Laufzeit durchgeführt werden.

Im vorliegenden Fall wird der EA-Vernetzungsansatz jedoch durch das spezifische Merkmal der Variabilität der zugrunde liegenden Modelle und Quellen geleitet (siehe Abschnitt 5.3). Es ist anzunehmen, dass sich die Modelle (Konzeptebene und Inhaltsebene) im Zeitverlauf ändern. Zudem könnten neue Modelle hinzukommen oder bisherige wegfallen. Insofern ist es erforderlich, Mappings auch während der Nutzungsphase des Ansatzes erstellen und verändern zu können. Der Ansatz erlaubt damit eine dynamische Einbindung der Quellen und ihrer Informationen.

Da der Ansatz generisch ausgelegt ist, existieren neben den erwähnten Konventionen (siehe Abschnitte 5.9.1.1 und 5.9.1.2) keinerlei Vorgaben für die Inhalte der Quellmodelle.

Wie im Rahmen des Verständnisses des Semantic Web erläutert (siehe Abschnitt 4.2), kann die Bedeutung von Inhalten durch das Vorhandensein von Beziehungen ausgedrückt werden. Folglich kann der Ansatz die für das EA-Vokabular vorgeschlagene Datenwerthierarchie (siehe Abschnitt 5.9.1.1), als Sammlung der Datenwerttypen, nicht ohne Weiteres selbstständig erkennen. Insofern ist dieses Wissen durch eine explizite Beziehung auszudrücken, z. B. welche Ressource aus der Datenwerthierarchie als Einstiegspunkt in die Hierarchie gelten soll. Als Beispiel könnte ein Statement dieser Ressource mittels eines Prädikats `isDataValueRoot` das Literal `true` als Objekt zuordnen. Wobei ein entsprechender Namespace zu wählen wäre.

Analog gilt dies für das Zuordnungskonzept (siehe Abschnitt 5.8.1), was ebenfalls im EA-Vokabular enthalten ist (siehe Abschnitt 5.9.1.1). Auch dieses kann nur von einer Anwendung allgemein erkannt werden, wenn dessen Bedeutung durch eine explizite Beziehung ausgedrückt wird. Als Beispiel könnte ein Statement der als Zuordnungskonzept geltenden Ressource mit dem Prädikat `isBindingConcept` das Literal `true` als Objekt zuordnen.

In den beiden skizzierten Fällen sollten die verwendeten Prädikate im Kontext des angereicherten EA-Vokabulars bekannt und die entsprechende Bedeutung vereinbart sein.

### 5.9.3.2 Konzeptionelle Betrachtung der Mappingdefinitionen

Ein Überblick über das Matching der Datenquellen (Zuordnungselemente, Domänenmodelle, Datenwerte) mit dem angereicherten EA-Vokabular wurde im vorangegangenen Abschnitt vorgestellt. In diesem Abschnitt sollen nun die Mappingdefinitionen sowie ihre Zusammenhänge und Wirkungen auf konzeptioneller Ebene betrachtet werden, bevor im nächsten Abschnitt der Aufbau der Mappings detailliert erläutert wird.

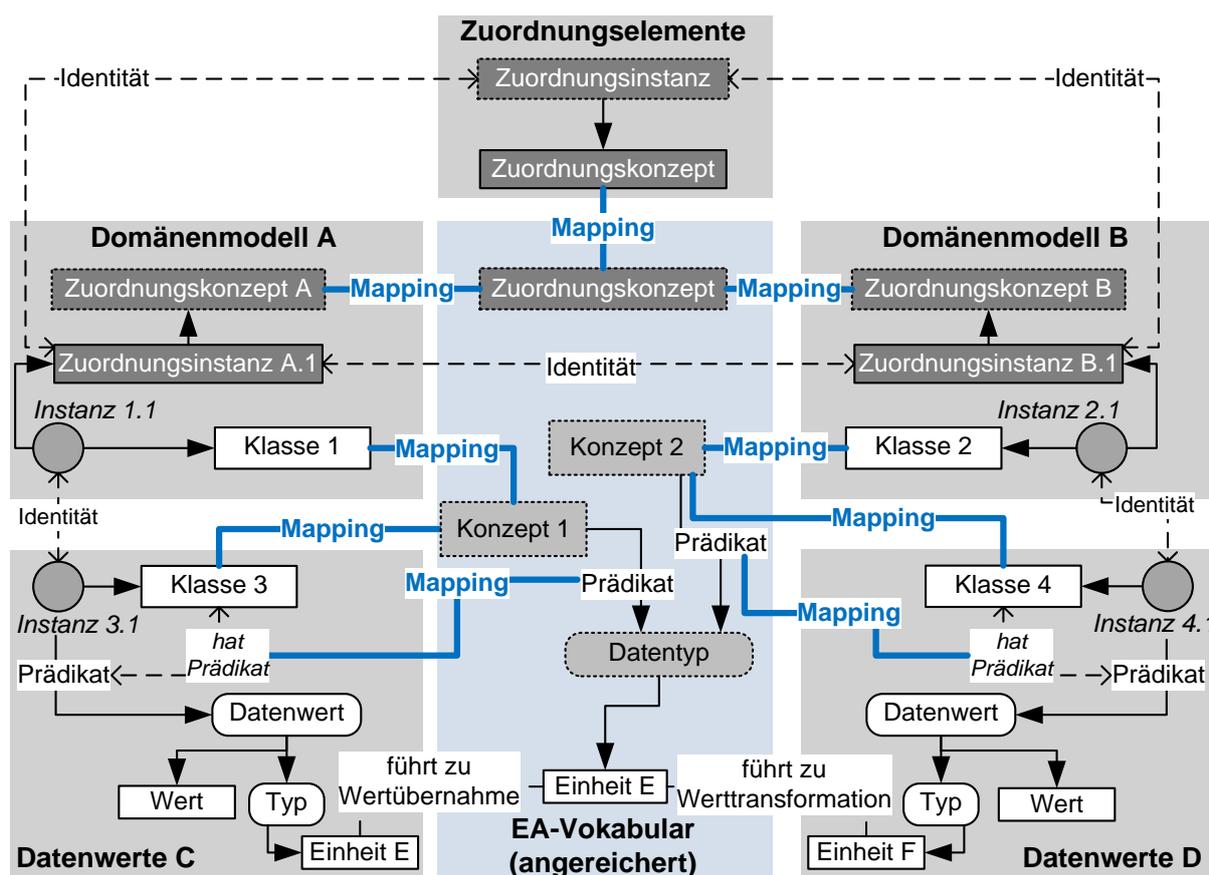
Grundsätzlich sind zwei Ebenen beim Matching relevant, die sich in den Elementen gemäß dem Verständnis des Semantic Web (siehe Abschnitt 4.2) widerspiegeln: Konzepte und Instanzen.

zen. Die Mappings, die im Rahmen des hier skizzierten Matchings definiert werden, betrachten die Ebene der Klassen bzw. Konzepte.

Beim Matching werden die Klassen aus den überführten Domänenmodellen (z. B. Klasse „Aktivität“) auf Konzepte im EA-Vokabular abgebildet. Es erfolgt keine explizite Angabe von Mappingdefinitionen auf der Ebene einzelner Instanzen. Allerdings wirken sich die Mappings natürlich auf die Instanzen aus, wie etwa durch die Zuordnung eines Typs. Die Mappings können zudem auch erfordern, dass neue Instanzen automatisch erzeugt werden. Darüber hinaus hat der Abschnitt 4.4.5 die Relevanz dafür aufgezeigt, Instanzen aus verschiedenen Modellen zu erkennen, die eigentlich gleiche Objekte repräsentieren, und dies entsprechend zu behandeln.

In Abbildung 5.17 wird ein Matching-Szenario bestehend aus mehreren Quellen detailliert skizziert. Als Ausgangspunkte existieren die Zuordnungselemente, zwei Domänenmodelle A und B sowie zwei Quellen C und D mit Datenwerten. Zudem sei angenommen, dass das EA-Vokabular festgelegt worden ist. Die wesentlichen Aspekte für das Matching seien an diesem Beispiel nachfolgend vorgestellt.

Die Domänenmodelle sind zunächst unabhängig voneinander. Zudem sei angenommen, dass die Zuordnungsinstanzen bereits in die Domänenmodelle eingefügt worden sind (siehe Ab-



#### Vorliegende Relationen:

- Mapping-** = Explizites Mapping definiert
- $\longrightarrow$  = Definierte Zuordnung von Elementen (z.B. Modellinstanz, Prädikat)

#### Implizite Relationen:

- $\leftarrow$  Identität  $\rightarrow$  = Identität aus Merkmal abgeleitet

**Abbildung 5.17:** Detaillierte Darstellung eines Beispiels für ein Matching-Szenario mit mehreren Quellen und einem EA-Vokabular (Quelle: Nach [SS16, S. 283], hier inhaltlich erweitert)

schnitt 5.8.2). Wobei nicht zwingend das im jeweiligen Modell genutzte Konzept für das Zuordnungskonzept mit dem zentral festgelegten Zuordnungskonzept identisch sein muss. Zum Beispiel könnte das Modell A als Konzept „Capability“ nutzen und Modell B „Geschäftsfunktion“, wohingegen das zentral festgelegte Zuordnungskonzept „Geschäftsfähigkeit“ heißen könnte. Die Zuordnungsinstanzen müssen sich jedoch die Identifikatormerkmale teilen. Dies ist für das Ableiten der Identitätsbeziehungen notwendig. Durch die Verknüpfung des Zuordnungskonzepts von Modell A mit dem entsprechenden Konzept im Vokabular sowie analog für Modell B und dem Vokabular wird die indirekte Verbindung der Modelle etabliert. Daneben erfolgt das Einbinden des Modells der Zuordnungselemente (Konzept und Instanzen) ebenfalls durch eine entsprechende Verknüpfung mit dem Zuordnungskonzept im Vokabular.

Beim Mapping ist jeweils die Schlüsseleigenschaft (Identifikator) festzulegen, anhand der die Zuordnungsinstanzen eindeutig bestimmt werden können. Die Menge der Zuordnungsinstanzen und ihrer Identifikatoren wurde hierzu initial vereinbart (siehe Abschnitt 5.8.1). Anhand dieser Identifikatoren kann die Identität der Zuordnungsinstanzen, z. B. durch Gleichheit des Namens der Instanzen, abgeleitet werden. Die Betrachtung der Namensgleichheit ist ein gängiges Matchingverfahren, siehe Abschnitt 4.4.4.

Die Ausführung der Mappings (siehe Abschnitt 5.9.4) stellt sicher, dass mittels der Vokabularkonzepte die bestehenden oder neu zu erzeugenden Instanzen zugegriffen werden können.

Der Ansatz lässt es zu, dass die einzelnen Domänenmodelle nicht direkt miteinander verknüpft sind (siehe Abschnitt 5.3, Merkmal „M4 - Lose Kopplung“). Stattdessen erfolgt wie beschrieben, eine indirekte Verknüpfung.

Im Szenario in Abbildung 5.17 haben etwa die Domänenmodelle A und B keine direkten Beziehungen zueinander. Sie beinhalten neben den spezifischen Modellinhalten, gegeben durch die Klassen und deren Instanzen, auch das Zuordnungskonzept und die Zuordnungsinstanzen. Hierbei sind die Instanzen (z. B. „Instanz 1.1“ in „Domänenmodell A“) mit den modellinternen Zuordnungsinstanzen (z. B. „Zuordnungsinstanz A.1“ in „Domänenmodell A“) verbunden. Durch gleiche Identifikatorwerte können Identitätsbeziehungen zwischen den jeweiligen Zuordnungsinstanzen (z. B. „Zuordnungsinstanz A.1“ und „Zuordnungsinstanz B.1“) abgeleitet werden. Diese Beziehungen überbrücken die Modellgrenzen und erlauben mit ihrer Hilfe die indirekten Verbindungen.

Daneben wird wie erläutert allgemein angenommen, dass keine Zuordnungsinstanzen in den Datenwertquellen vorliegen (siehe Abschnitt 5.8.3). Die Verbindung besteht durch Identität der Datenwertinstanzen (z. B. „Instanz 3.1“ in „Datenwerte C“) mit den zugehörigen Instanzen aus den Domänenmodellen (z. B. „Instanz 1.1“ in „Domänenmodell A“). Somit ist die direkte Zuordnung gewährleistet. Als Beispiel wird die Durchlaufzeit für einen Prozess „Kontoeröffnung“ innerhalb der Datenwertquelle dokumentiert, welcher dem Prozess „Kontoeröffnung“ in einem Domänenmodell entspricht. Auch hier kann als vereinfachter Matching-Algorithmus zunächst die Gleichheit des Namens angenommen werden. Wobei auch andere Algorithmen jener Forschungsdisziplin zur Unterstützung des Matchings denkbar sind. Ebenso könnten diese Algorithmen auch auf Ebene der Konzepte das Erstellen der Mappings unterstützen und eventuell Vorschläge für Verbindungen machen.

Wobei es durchaus auch allgemein möglich ist, dass Modellinstanzen aus unterschiedlichen Ursprungsquellen gleiche Identitätsmerkmale besitzen und dadurch als identisch erkannt werden können. Somit können sie auch in der integrierten Datenbasis als identische Instanzen wahrgenommen werden.

Die Klassen in den Datenwertquellen werden wie die Klassen der Domänenmodelle auch abgebildet, um diese ebenfalls unter dem einheitlichen EA-Vokabular einzuordnen. Für das in

Abbildung 5.17 dargestellte Szenario sei hierbei die vorgeschlagene Konvention zur Definition der Werte (z. B. Kennzahlen oder Messwerte) und ihrer Datentypen (siehe Abschnitt 5.8.4) angenommen. Dann gibt es in der Datenwertquelle für eine Instanz (z. B. „Instanz 3.1“ in „Datenwerte C“) eine Beziehung zu einer Ressource, von der sowohl eine Verbindung zum konkreten Wert besteht, als auch zum Datentyp. Der Datentyp wiederum besitzt einen Verweis auf die Einheit. Der Einsatz des bei der Verbindung der Instanzen mit den zwischengeschalteten Ressourcen verwendeten Prädikats kann verallgemeinert werden. So kann das verwendete Prädikat im Kontext der zu den Instanzen gehörenden Klasse (z. B. „Klasse 3“ in „Datenwerte C“) im Rahmen der Mappingdefinitionen betrachtet werden. Diese Beziehung wird dabei auf eine geeignete Entsprechung im Vokabular abgebildet (z. B. Prädikat bei „Konzept 1“ in „EA-Vokabular“). Dort ist an einem Konzept eine Beziehung zu einem Datentyp mit explizit angegebener Einheit definiert (siehe Abschnitt 5.9.1.1).

Stimmen die Einheiten überein, so kann der Wert unverändert übernommen werden (siehe Abbildung 5.17, „Wertübernahme“ bei Datenwertquelle C). Anderenfalls ist zu prüfen, ob die Einheiten zumindest kompatibel sind, etwa wenn in beiden Fällen Zeiteinheiten vorliegen. Bei Kompatibilität kann der Wert transformiert und in der integrierten Datenbasis in jener Einheit abgelegt werden, welche im Vokabular angegeben ist (siehe Abbildung 5.17, „Werttransformation“ bei Datenwertquelle D). Es ist darauf hinzuweisen, dass der übernommene oder transformierte Wert in der integrierten Datenbasis einen Bezug zur ursprünglichen Instanz besitzt.

Etwas allgemeiner betrachtet lassen sich gemäß Abbildung 5.17 zwei Beziehungskategorien unterscheiden: bereits vorliegende Beziehungen oder implizit abgeleitete bzw. ermittelte Beziehungen. Zur ersten Kategorie zählen diejenigen Beziehungen, welche in den Quellmodellen direkt spezifiziert sind. Zudem gehören auch die manuell oder per Matching erzeugten Beziehungen dazu. Entsprechend ergeben sich dann die Beziehungen der zweiten Kategorie. Etwa solche, die sich aus den in den Mappings festgelegten Identifikatoreigenschaften ergeben, z. B. Identitätsbeziehungen. Oder Bezüge derart, ob eine Wertübernahme oder Werttransformation stattfinden muss.

Nach der Definition der Mappings und deren Ausführung (siehe Abschnitt 5.9.4) sind die Informationen aus den Detailmodellen schließlich Teil der integrierten Datenbasis und über das EA-Vokabular, der gemeinsamen Begriffsebene, zugreifbar. Somit wären sie für z. B. Auswertungen (siehe Kapitel 6) nutzbar. Dabei gewährleistet die indirekte Verbindung auf Basis der Zuordnungsinstanzen die effiziente Verknüpfung der Informationen.

Die digitale Repräsentation bzw. eventuelle Persistenz des Alignments ist nicht Gegenstand einer Festlegung des hier skizzierten Ansatzes. Dies kann etwa wie in Abschnitt 4.4.4 vorgestellt, in einem allgemeinen Format wie z. B. von *Euzenat* [Siehe Euz04] erfolgen. Die Kriterien für die Auswahl können vielfältig sein, ein Aspekt kann etwa die Fähigkeit zum Austausch des Alignments zwischen verschiedenen Systemen sein.

### 5.9.3.3 Aufbau der Mappings

Nachdem zuvor die Mappings allgemein betrachtet wurden, geht dieser Abschnitt detaillierter auf den Aufbau und die Definition der Mappings ein. Wie bereits in Abschnitt 4.4.4 herausgearbeitet wurde, können Mappings im konkreten Fall sehr vielfältig sein, von einfachen Beziehungen bis hin zu komplexen Abbildungsfunktionen [Ergänzend vgl. EMS08, S. 179; Ergänzend vgl. Heb+09, S. 174-175; Vgl. Überblick in ES13].

Insofern ist das Ziel dieses Abschnitts keine vollständige Darstellung aller möglichen Mappingausprägungen. Vielmehr soll der generelle Aufbau der Mappings erläutert werden, mit deren

Hilfe im vorliegenden Konzept die Einbindung der EA-Quellen in die integrierte Datenbasis sowie die Überlagerung durch das EA-Vokabular realisiert werden kann.

Die wesentlichen Grundlagen für die folgenden Überlegungen bilden dabei Muster für wiederkehrende Mapping-Konstellationen, wie sie von *Scharffe, Zamazal* und *Fensel* [SZF14] durch empirische Analysen abgeleitet und eingeordnet wurden. Die Muster unterstützen die Gestaltung von Mappings, insbesondere bei sehr komplexen Zusammenhängen [Siehe SZF14, S. 3]. Wie in [Siehe SZF14, S. 13] erwähnt, wird die Sammlung durch weitere Muster ergänzt, die auf einer Kollaborationsplattform zusammengetragen werden, vorgestellt in [Siehe Pre+08]. Hierbei handelt es sich um die Plattform „OntologyDesignPatterns.org“ [Siehe GP18], welche allgemeine Muster für Ontologien sammelt. Die Plattform ordnet die Muster in verschiedene Typen ein [Siehe GP10], wovon die Alignment-Muster [Siehe GP09] für den vorliegenden Ansatz von besonderer Bedeutung sind. Die Alignment-Muster beschreiben dabei typische Zusammenhänge zwischen Elementen zweier Ontologien [Siehe GP09]. Eine ausführliche Darstellung aller Muster geht über den Umfang dieser Arbeit hinaus. In der nachfolgenden Beschreibung wird daher gezielt auf einzelne relevante Muster Bezug genommen.

Nachfolgend wird erläutert, wie ein allgemeiner Aufbau der Mappings im Rahmen des vorliegenden Ansatzes gestaltet sein kann, unter Berücksichtigung der Alignment-Muster aus [GP09] und vor dem Hintergrund einer EA. Daneben kann es geeignet sein, die zuvor erwähnten Matching-Algorithmen kombiniert mit den Mustern zu verwenden.

In Abbildung 5.18 sind der Aufbau und die wesentlichen Aspekte einer Mappingdefinition zwischen einem Quellmodell und dem EA-Vokabular dargestellt. Die Definition erfolgt auf Ebene der Klassen und Konzepte. Optional können Beschränkungen definiert werden, wodurch sich das Mapping nicht auf alle Modellinstanzen des Quellmodells auswirkt, sondern nur auf bestimmte. Darüber hinaus können im Kontext einer Klasse einzelne Prädikate ebenso wie Identifikatoreigenschaften abgebildet werden. Diese Bestandteile werden nachfolgend erläutert.

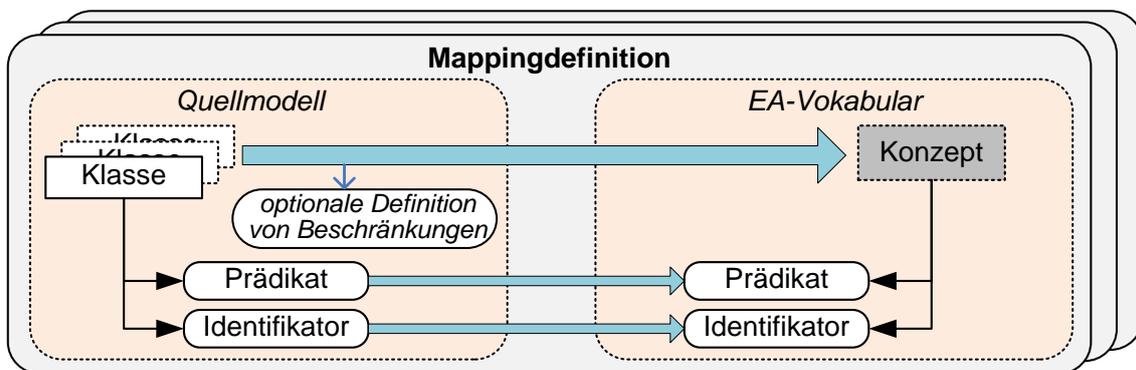


Abbildung 5.18: Bestandteile einer Mappingdefinition (Quelle: Eigene Darstellung)

**Mappingebene: Klassen und Konzepte** Der Ansatz betrachtet die Klassen und Konzepte in den Quellmodellen und dem EA-Vokabular als primäre Ebene für die Definition von Mappings. Dabei sei auf die Erläuterungen zuvor verwiesen, dass beim Ansatz die Abbildung stets von den Quellmodellen (Domänenmodelle, Datenwertmodelle, Zuordnungselemente) zum EA-Vokabular gerichtet ist.

Ein Mapping definiert somit im Allgemeinen eine Entsprechung von einer oder mehreren Klassen im Quellmodell und einem Konzept des EA-Vokabulars. Es sind im vorliegenden Ansatz keine Mappings vorgesehen, die sich auf einzelne Attribute oder Beziehungen separat

beziehen, also ohne Kontext einer Klasse. Hierzu würde es gemäß [Siehe SZF14, S. 13] jedoch auch Muster geben. Beziehungen werden im vorliegenden Ansatz stattdessen nur im Kontext eines Mappings von Klassen zu Konzepten berücksichtigt. Ein allgemeines Mapping eines Prädikats ohne Klassenkontext könnte zu Fehlinterpretationen führen, wenn dies eigentlich nur für bestimmte Klassen vorgesehen wäre.

Hinsichtlich der Entsprechung von Quellmodellklassen und Vokabularkonzepten gibt es verschiedene Muster (Übersicht in [Siehe GP09]). Zu unterscheiden sind an dieser Stelle speziell die folgenden Muster, deren Namen aus [Siehe GP09] übernommen worden sind:

- „Class Equivalence“: Nach [Siehe Sch10c] besteht zwischen zwei Klassen eine Äquivalenz. Im vorliegenden Ansatz würde somit z. B. eine Klasse im Domänenmodell äquivalent zu einem Vokabularkonzept sein.
- „Class Union“: Nach [Siehe Sch10e] entspricht die Vereinigung mehrerer Klassen einer anderen Klasse. Im vorliegenden Ansatz würden somit zwei oder mehr Klassen im Domänenmodell vorliegen, deren Vereinigungsmenge einem Vokabularkonzept entspricht. Instanzen, die folglich zu einer *oder* mehreren dieser Klassen gehören, wären dann dem Vokabularkonzept zuzuordnen.
- „Class Intersection“: Nach [Siehe Sch10d] entspricht die Schnittmenge mehrerer Klassen einer anderen Klasse. Im vorliegenden Ansatz würde somit die Schnittmenge von zwei oder mehr Klassen des Domänenmodells betrachtet werden, die einem Vokabularkonzept entspricht. Instanzen, die gleichzeitig zu *allen* diesen Klassen gehören, wären dann dem Vokabularkonzept zuzuordnen.

Zusätzlich wird in [Siehe Sch10f] noch das Muster „Disjoint Classes“ formuliert, bei dem keine Entsprechung zwischen zwei Klassen vorliegt.

Hinsichtlich des Quellmodells mit den Zuordnungselementen ist wie angedeutet nur das Zuordnungskonzept auf das entsprechende Konzept im EA-Vokabular abzubilden (siehe Abschnitt 5.9.3.2).

**Formulierung von Beschränkungen einer Mappingdefinition** Die Mappings sind bis hierhin auf der Ebene der gesamten Klassen definiert, sodass alle Instanzen dieser Klassen betroffen wären. Abhängig von der Granularität des Quellmodells und des EA-Vokabulars kann es jedoch sinnvoll sein, nur eine Teilmenge der Instanzen einer Klasse zu berücksichtigen. Ein Beispiel wäre eine Klasse „Aktivität“ im Domänenmodell und die spezifischeren Konzepte „Manuelle Aktivität“ und „Automatische Aktivität“ im EA-Vokabular. In dem Fall sollten die jeweiligen Instanzen fallweise nur einem der beiden Vokabularkonzepte zugeordnet werden.

Auch hierzu existieren bereits verschiedene Muster, mit denen einschränkende oder charakterisierende Festlegungen möglich sind (Übersicht in [Siehe GP09]). Folgende Muster seien dabei hervorgehoben, deren Namen von [Siehe GP09] übernommen worden sind:

- „Class by attribute occurrence“: Nach [Siehe Sch10a] besteht hierbei erneut eine Entsprechung zwischen zwei Klassen, wobei lediglich diejenigen Instanzen der einen Klasse berücksichtigt werden, bei denen ein bestimmtes Attribut mit einem *beliebigen* Wert vorhanden ist. Im vorliegenden Ansatz würde somit eine Instanz einer Klasse des Quellmodells nur dann einem Vokabularkonzept zugeordnet werden, wenn für die Instanz ein angegebenes Prädikat mit einem Wert vorhanden ist.

- „Class by attribute value“: Nach [Siehe Sch10b] besteht hierbei erneut eine Entsprechung zwischen zwei Klassen, wobei lediglich diejenigen Instanzen der einen Klasse berücksichtigt werden, bei denen ein bestimmtes Attribut einen *bestimmten* Wert besitzt. Im vorliegenden Ansatz würde somit eine Instanz einer Klasse nur dann einem Vokabularkonzept zugeordnet werden, wenn die Instanz für ein angegebenes Prädikat einen definierten Wert besitzt.

Das erste Muster bezüglich der reinen Existenz eines bestimmten Attributs ist unmittelbar so anwendbar. Für das zweite Muster, einer Abhängigkeit von einem *bestimmten* Wert, kann noch eine Erweiterung vorgenommen werden. So könnte die Prüfung neben der Gleichheit noch weitere Vergleiche zulassen, z. B. ob der aktuelle Wert ungleich einem vorgegebenen Wert ist, oder ob dieser größer bzw. kleiner ist. Hierbei ist zu beachten, dass die Werte unterschiedliche Typen (z. B. Zahl oder Text) haben könnten. Des Weiteren ist es denkbar, mehrere einschränkende Festlegungen zu kombinieren.

Zur Formulierung der Einschränkung muss daher im Kontext der Klasse das jeweilige Prädikat gewählt werden, welches für die Prüfung zu berücksichtigen ist. Wie beim Semantic Web üblich, entspricht dies der Angabe von einem IRI (siehe Abschnitt 4.3.1). Wobei es Gegenstand einer Realisierung des Ansatzes ist, ob die Angabe in einer benutzerfreundlichen Weise erfolgt und der Nutzer somit nicht direkt den IRI manuell eingeben muss. Ähnliches gilt für die Angabe des zu prüfenden Werts im Fall des Musters „Class by attribute value“. Auch hier ist statt einer manuellen Eingabe gleichermaßen eine Auswahl aus gegebenen Werten denkbar. Beides sind Beispiele, die sich auf das Merkmal der Benutzbarkeit (siehe Abschnitt 5.3) beziehen und somit der vereinfachten Verwendung durch einen Benutzer dienen. Zugleich sollten auch die Klartextbezeichnungen von Ressourcen anstelle von IRIs angeboten werden, wenn diese über einen solchen Klartextnamen (`rdfs:label`, siehe Abschnitt 4.4.1) verfügen. Das ist der Vorteil der festgelegten Semantik bestimmter IRIs, sodass z. B. ein Zugriff des Klartextnamens standardisiert möglich ist.

**Mapping der Prädikate im Kontext einer Klasse** Im Allgemeinen kann es ausreichend sein, die zentralen Klassen der Quellmodelle auf die entsprechenden Konzepte im EA-Vokabular abzubilden, eventuell ergänzt durch Formulierungen bestimmter Beschränkungen.

Wie in Abschnitt 5.7.1 erläutert, besteht gerade ein Merkmal des Ansatzes darin, möglichst viele detaillierte Informationen direkt aus den Quellmodellen in die Datenbasis zu integrieren. Damit sind auch die innerhalb der Quellmodelle vorhandenen Verbindungen zwischen Modell-elementen gemeint, die dann in der Datenbasis mit zur Verfügung stehen würden. Somit wären diese, auch ohne explizites Mapping, in der Datenbasis vorhanden und könnten beim Zugriff durchlaufen werden.

Sollen jedoch bestimmte Prädikate und somit Eigenschaften auch dem EA-Vokabular zugeordnet werden und somit zentral zugreifbar sein, ist ein explizites Mapping dieser Strukturen notwendig.

Eingangs wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Prädikate nur im Kontext einer Klasse gemappt werden sollten, damit nicht irrtümlich zu viele Instanzen betroffen sind. Im Rahmen der Mappings von Klassen auf Vokabularkonzepte sind aus diesem Grund Mappings von Prädikaten vorgesehen. Hierbei werden ein oder mehrere Prädikate auf entsprechende Äquivalente im EA-Vokabular bezogen.

Dies hat für den Kontext der Datenwertmodelle zu erfolgen, in denen die Datenwerte mit ihren Typen dokumentiert sind. Es wurde zuvor eine Konvention für die Dokumentation der

Datenwerte, ihrer Typen und Einheiten vorgeschlagen (siehe Abschnitte 5.8.4 und 5.9.1.1). Eine Modellinstanz (z. B. eine konkrete Aktivität) sollte demnach mit einem Prädikat auf eine Ressource verweisen, die jeweils den Datenwert und den Datentyp referenziert. Der Datentyp hat zudem eine eindeutige Referenz auf die Einheit (gegeben durch einen IRI). Neben diesem gängigen Muster im Semantic Web gibt es darüber hinaus verschiedene weitere Möglichkeiten (siehe Abschnitt 4.4.1).

Insofern sollte an dieser Stelle auch eine Erkennung stattfinden, ob dieses Muster vorliegt oder ein anderes, welches entsprechend beim Mapping berücksichtigt werden müsste. Wenn die Konvention wie beschrieben im Quellmodell und im Vokabular gilt, dann reicht es, die beiden Prädikate in Beziehung zu setzen. Dadurch können dann implizit die Bestandteile (Datenwert, Datentyp, Einheit) zugegriffen werden. Beim EA-Vokabular sind dies die im Rahmen der Anreicherung des SKOS-Vokabulars zusätzlich erzeugten Prädikate, die für diese Konstellationen vorgesehen sind (siehe Abschnitt 5.9.1.2).

Gilt die Konvention hingegen nicht, so ist auf das jeweils vorliegende Muster entsprechend einzugehen, damit die Bestandteile aufeinander abgebildet werden können. Wenngleich bei der Überführung der Quellinformationen aus den Ursprungssystemen in die RDF-Repräsentationen (siehe Abschnitt 5.8.4) bzw. beim Bereitstellen in Form einer SPARQL-Schnittstelle (siehe Abschnitt 5.9.2) bereits die Möglichkeit bestehen würde, die Daten der Konvention folgend aufzubereiten. Beim Erstellen des EA-Vokabulars ist dies zudem intuitiv möglich und daher umsetzbar.

**Spezifikation der Schlüsseigenschaften** Wie bei der allgemeinen Betrachtung der Mappings in Abschnitt 5.9.3.2 erläutert, werden die Mappings auf Ebene der Klassen und Konzepte definiert. Es werden keine Mappings für einzelne Instanzen angegeben.

Dennoch ist eine eindeutige Zuordnung von Instanzen aus verschiedenen Modellen erforderlich. Insbesondere spielt dies bei den Zuordnungsinstanzen eine wichtige Rolle, die wie in Abschnitt 5.9.3.2 aufgezeigt, anhand ihrer Identifikatoren erkannt und in der integrierten Datenbasis bei Identität als gleiche Objekte angesehen werden können. Dies ermöglicht die indirekte Vernetzung der Modelle. Aber auch bei den Modellinstanzen in den Domänenmodellen und den Instanzen in den Datenwertmodellen ist es gewünscht, die Identität erkennen zu können. Ebenso wie für Instanzen allgemein, die eventuell Entsprechungen in anderen Modellen haben könnten.

Im allgemeinen Fall einer Wertgleichheit werden zwei Instanzen als identisch angesehen, wenn ihr Schlüssel übereinstimmt (siehe Abschnitt 4.4.5 sowie [Siehe Heb+09, S. 385-386; Vgl. Ise14, S. 103 ff.]). Ein identischer IRI bedeutet im Semantic Web wie erläutert ebenfalls die (technische) Identität zweier Ressourcen. Ein (fachlicher) Schlüssel kann hingegen im Verständnis des vorliegenden Ansatzes ein einzelnes Feld, eine einzelne Eigenschaft oder etwas Komplexeres sein. Im einfachsten Fall ist daher das Prädikat in der Mappingdefinition zu bestimmen, welches die Schlüsseigenschaft repräsentiert. Bei komplexeren Fällen ist dies gesondert in der Mappingdefinition zu berücksichtigen.

Existiert keine durch ein ausgewähltes Prädikat gegebene Schlüsseigenschaft, dann könnten stattdessen automatische Verfahren zur Ermittlung von Übereinstimmungen eingesetzt werden, wie in [Siehe Ise14, S. 105 ff.] aufgezeigt. Als eine zweite Variante in [Siehe Ise14, S. 105 ff.] werden Regeln beschrieben, welche über die Gleichheit oder Unterschiedlichkeit zweier Instanzen entscheiden.

Für die indirekte Verknüpfung der Modelle sind die Zuordnungsinstanzen maßgebend. Die Zuordnungsinstanzen verfügen dabei durch ihre Festlegung bereits über eine entsprechende

Schlüsseleigenschaft (siehe Abschnitt 5.8.1), sodass sie in den verschiedenen Modellen identifizierbar sind. Für andere Modellelemente kann ergänzend eine solche Erkennung gleicher bzw. übereinstimmender Instanzen stattfinden. Diese zusätzlichen Verbindungen können den Vernetzungsgrad verbessern und implizite Beziehungen über Modellgrenzen hinweg explizit machen.

#### 5.9.4 Ausführung der Mappings

Die vorangegangenen Abschnitte haben erläutert, wie die Mappingdefinitionen allgemein aufgebaut sind und was sie ausdrücken können. Sie sind geeignet, die Quellmodelle (Zuordnungs-elemente, Domänenmodelle, Datenwertmodelle) indirekt zu verknüpfen und das EA-Vokabular als überlagernde Terminologie-Schicht zu etablieren. Damit dies erreicht werden kann, müssen die Mappingdefinitionen in ausführbare Konstrukte überführt werden. Es wurden in Abschnitt 4.4.4 verschiedene Möglichkeiten betrachtet, um mit bestehenden Mitteln der Technologien des Semantic Web, Mappings im Allgemeinen zu realisieren. So etwa durch Verwendung von RDFS-Konstrukten und dem Einsatz von Abfragen oder Inferenzregeln zum Erzeugen neuer Statements. Die Nutzung von Inferenzregeln ist dabei ein erprobtes Verfahren, wie stellvertretend in [Siehe Heb+09, S. 365] aufgezeigt. Die Überführung in ausführbare Konstrukte kann automatisiert und ohne manuelles Eingreifen erfolgen.

In diesem Abschnitt wird der Umgang mit Mappings, insbesondere für den Kontext der EA-Integration, gemäß dem vorliegenden Ansatz ausgestaltet. Durch die abgeleiteten Regeln kann die angestrebte EA-Datenbasis, unter Berücksichtigung der Merkmale aus Abschnitt 5.3, erzeugt werden. Technisch basiert dies somit auf etablierten Standards und Technologien des Semantic Web, aber spezifisch ausgestaltet und eingesetzt für den vorliegenden Ansatz. Dabei sind auch an dieser Stelle Strukturen von RDFS ausreichend, wie bereits bei der Anreicherung des EA-Vokabulars (siehe Abschnitt 5.9.1.2). Die gewünschten Verbindungen können mittels RDFS spezifiziert werden, sodass auf OWL als ausdrucksstärkere, aber auch aufwendiger zu berechnende Sprache an dieser Stelle verzichtet werden kann.

Inferenzregeln besitzen einen Block mit den zu prüfenden Bedingungen sowie einen zweiten Block mit den zu erzeugenden Statements, sofern die Bedingungen zutreffen [Siehe Heb+09, S. 232]. Wobei je nach konkreter Realisierung der Regeln weitere Möglichkeiten bestehen können, etwa die Angabe einer anschließend auszuwertenden Regel anstelle der zu erzeugenden Statements im zweiten Block [Als Beispiel vgl. The18b]. Diese allgemeine Struktur ist als Pseudocode in Listing 5.1 dargestellt.

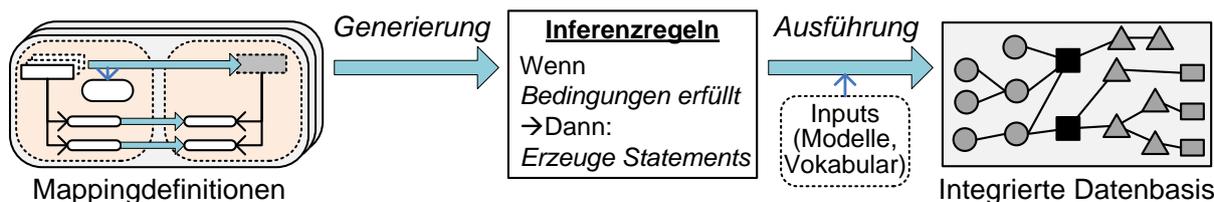
**Listing 5.1:** Allgemeiner Aufbau einer Inferenzregel

1	WENN Bedingungen erfüllt → DANN erzeuge Statements bzw. führe Regel aus
---	---

Nach Überführung der Mappingdefinitionen in ausführbare Inferenzregeln erfolgt die eigentliche Ausführung und somit die tatsächliche Integration der Informationen in die kombinierte Datenbasis. Diese Schrittfolge ist in Abbildung 5.19 skizziert und bildet die Basis für die Erläuterungen in den folgenden Unterabschnitten.

In Abschnitt 4.3.4 wurde darauf hingewiesen, dass Inferenzregeln technisch in verschiedenen Sprachen bzw. Systemen erstellt werden können. Da an dieser Stelle keine Umsetzungsvorgaben gemacht werden sollen, wird die Überführung der Mappingdefinitionen implementationsunabhängig erläutert.

Zur besseren Verständlichkeit richtet sich die Gliederung der Erläuterungen nach der Struktur des Abschnitts 5.9.3.3, wo der Aufbau der Mappingdefinitionen erläutert wurde.



**Abbildung 5.19:** Umwandlung der Mappingdefinitionen in Inferenzregeln und anschließende Ausführung zur Etablierung der integrierten Datenbasis (Quelle: Eigene Darstellung)

#### 5.9.4.1 Mappingebene: Klassen und Konzepte

Die Definition eines Mappings im vorliegenden Ansatz ist wie erwähnt immer auf der Ebene der Klassen bzw. Konzepte vorgesehen. Insofern ist dies der Einstiegspunkt auch für die Generierung der Inferenzregeln. Im einfachen Fall werden die Klassen auf Konzepte abgebildet, wenn keine Beschränkungen definiert sind, mit denen die Instanzen eingegrenzt werden sollen.

Sei also zunächst davon ausgegangen, dass keine Beschränkungen definiert sind. Dann sind die im Abschnitt 5.9.3.3 erwähnten allgemeinen Muster zur Entsprechung von Klassen zweier Ontologien zu berücksichtigen (siehe ausführliche Übersicht in [Siehe GP09]). Für den vorliegenden Ansatz seien die als Beispiele genannten Muster, wie nachfolgend beschrieben, in Regeln zu übersetzen. Dabei braucht an dieser Stelle keine Unterscheidung nach der Art des Quellmodells vorgenommen zu werden, also ob ein Modell der Zuordnungselemente, ein Domänenmodell oder ein Datenwertmodell auf das Vokabular abgebildet wird.

Die ersten beiden relevanten Muster sind „Class Equivalence“ und „Class Intersection“. Eine formulierte Regel muss prüfen, ob eine Instanz zu jeder der angegebenen Quellmodellklassen gehört, also für die Instanz jeweils ein Statement bestehend aus dem Prädikat `rdf:type` und der Klasse als Objekt vorhanden ist. Die Klassen des Quellmodells und die Konzepte des Vokabulars werden dabei durch ihren IRI repräsentiert.

Im Fall der Schnittmenge („Class intersection“) ist das gleichzeitige Vorhandensein aller dieser Statements erforderlich. Ist diese Bedingung für eine Instanz erfüllt, dann muss lediglich ein neues Statement der Datenbasis hinzugefügt werden, welches der Instanz mittels `rdf:type` zusätzlich das entsprechende EA-Vokabularkonzept als Typ zuweist. Es ist nicht erforderlich, eine neue Instanz bzw. Ressource zu erzeugen. Der Vorteil ist, dass somit alle im Quellmodell bestehenden Beziehungen weiterhin genutzt werden können. Im einfachen Fall der direkten Äquivalenz („Class Equivalence“) ist die Prüfung ein Spezialfall, da lediglich genau eine Klasse des Quellmodells zu prüfen ist, anstatt mehrerer.

Es wäre hingegen nicht möglich, direkt das Prädikat `rdfs:subClassOf` (siehe Abschnitt 4.4.4) auf Klassenebene zu verwenden, um z. B. die Klassen des Quellmodells als Unterklassen des EA-Vokabularkonzepts zu definieren. Denn etwa beim Fall der Schnittmenge darf eine Instanz nur dann dem Vokabularkonzept zugeordnet werden, wenn die Instanz tatsächlich die Bedingungen für alle beteiligten Klassen erfüllt. Das auf eine einzelne Klasse bezogene Prädikat `rdfs:subClassOf` wäre folglich nicht exakt genug. Zudem würde es damit nicht möglich sein, die spezifischen Beschränkungen abzubilden. Insofern ist eine Behandlung auf Instanzebene erforderlich. In Pseudocode ergibt sich somit die in Listing 5.2 dargestellte Regel. Wobei mit vokabularkonzept ein EA-Vokabularkonzept gemeint ist.

**Listing 5.2:** Mapping von Klassen (Schnittmenge) auf ein Vokabularkonzept

```

1 WENN gilt: 'subjekt rdf:type klasse' für alle angegebenen Klassen
2 → DANN: erzeuge 'subjekt rdf:type vokabularkonzept'
```

Das Muster „Class Union“ sieht hingegen eine „Oder“-Verknüpfung zwischen zwei oder mehreren Klassen vor. Dies kann durch separate Anwendung des Musters „Class Equivalence“ für jede einzelne beteiligte Klasse realisiert werden.

Dabei stellt das graphbasierte RDF-Datenmodell sicher, dass das Einfügen eines Tripels ohne Effekt bleibt, falls bereits ein Tripel mit den exakt gleichen Bestandteilen existiert [Siehe Heb+09, S. 74]. Folglich ergeben sich keine Probleme, wenn Regeln mehrfach das gleiche Statement erzeugen würden.

#### 5.9.4.2 Formulierung von Beschränkungen einer Mappingdefinition

Es wurde im Abschnitt 5.9.3.3 beim Aufbau der Mappings bereits erläutert, dass die Entsprechungen auf Klassenebene durch spezielle Festlegungen eingeschränkt werden können. Ziel dabei ist, dass nicht alle Instanzen dieser Klassen berücksichtigt werden, sondern nur diejenigen, welche die zusätzlichen Beschränkungen erfüllen. In jenem Abschnitt wurde dazu auf die Muster „Class by attribute occurrence“ [Siehe Sch10a] und „Class by attribute value“ [Siehe Sch10b] verwiesen.

Die Beschränkungen gelten nur innerhalb des Kontextes der jeweiligen Mappingdefinition. Folglich müssen diese Beschränkungen in der im Listing 5.2 beschriebenen Regel ergänzt werden. Die Beschränkungen sind somit zusätzliche Bedingungen. Mehrere Beschränkungen werden dabei durch ein logisches „Und“ verbunden. Nur wenn eine Instanz alle Beschränkungen zusätzlich erfüllt, wird das neue Statement erzeugt, womit die Instanz den Typ des EA-Vokabularkonzepts zugeordnet bekommt. Erfüllt eine Instanz bereits eine einzelne Bedingung nicht, so müssten die anderen Bedingungen nicht mehr weiter geprüft werden.

Es können wie bisher (siehe Abschnitt 5.9.4.1) eine oder mehrere Klassen angegeben sein. Das Listing 5.3 umfasst die bisherige Regel, ergänzt um die zusätzlichen Beschränkungen.

**Listing 5.3:** Abbildung von Klassen (Schnittmenge) auf ein Vokabularkonzept, ergänzt um zusätzliche Beschränkungen

```

1 WENN gilt: 'subjekt rdf:type klasse' für alle angegebenen Klassen
2 UND: alle Beschränkungen werden erfüllt
3 → DANN: erzeuge 'subjekt rdf:type vokabularkonzept'
```

Hinsichtlich der Beschränkungen ist dann gemäß der Muster zu unterscheiden, ob auf die Existenz eines Prädikats oder auf einen bestimmten Wert eines angegebenen Prädikats zu prüfen ist, siehe Erläuterung in Abschnitt 5.9.3.3.

Im ersten Fall muss somit nur geprüft werden, ob zur Instanz ein Statement mit dem angegebenen Prädikat und einem beliebigen Wert existiert.

Das zweite Muster ist ähnlich, allerdings darf der Wert nun nicht beliebig sein, sondern muss eine bestimmte Bedingung erfüllen. Zuvor wurde dazu bereits auf die verschiedenen Vergleichsmöglichkeiten hingewiesen. So ist neben der Gleichheit mit einem Prüfwert, unter anderem auch der Test auf Ungleichheit oder auf die Größe im Vergleich zu diesem Prüfwert denkbar. Als Prüfwert könnte z. B. eine Zahl oder ein Text angenommen werden. Daneben könnte auch geprüft werden, ob die Instanz mittels des angegebenen Prädikats auf eine bestimmte andere Ressource zeigt. Es sind somit ganz verschiedene Prüfungen bezüglich eines Literals oder einer Ressource (siehe Abschnitt 4.3.1) denkbar.

### 5.9.4.3 Mapping der Prädikate im Kontext einer Klasse

Abschnitt 5.9.3.3 hat für den vorliegenden Ansatz aufgezeigt, dass neben dem Mapping der Klassen auch ein Mapping von Prädikaten vorgesehen ist. Dies kann erfolgen, wenn im EA-Vokabular ein Prädikat vorgesehen ist, um etwa eine Verbindung zwischen zwei Konzepten explizit auszudrücken. Das Mapping soll dabei nur im Kontext der aktuellen Mappingdefinition gültig sein, damit nur gezielt die Vorkommen des Prädikats gemappt werden, die gewünscht sind. Dies bedeutet, dass ein Prädikat nur dann gemappt werden sollte, wenn sowohl die Klassenentsprechung als auch die Beschränkungen erfüllt sind.

Wenn sich das Prädikat auf einen Datenwert bezieht, ist eine gesonderte Behandlung erforderlich. Auf diesen Fall wird später eingegangen.

Für jedes vorgesehene Prädikatsmapping ist eine eigene Regel zu erzeugen. Die Regel muss auch die Klassenentsprechung und die Beschränkungen prüfen, da dies den Kontext des Prädikatsmappings festlegt. Erfüllt eine Instanz diese Voraussetzungen, ist nun zusätzlich zu prüfen, ob sie über das Prädikat verfügt. Falls ja, dann wird für die jeweilige Instanz ein neues Statement erzeugt, welches als Prädikat das Ziel-Prädikat aus dem EA-Vokabular verwendet. Als Objekt des neuen Statements wird dasselbe Objekt verwendet, welches auch im ursprünglichen Statement vorlag. Das alte Statement wird an dieser Stelle bewusst nicht entfernt, damit es weiterhin zur Verfügung steht. Als Pseudocode ergibt sich folglich die in Listing 5.4 erfasste Regel. Wobei `quelle:prädikat1` für den IRI des Prädikates aus dem Quellmodell steht und `vokabular:prädikat2` für den IRI des Zielprädikats im Vokabular.

**Listing 5.4:** Mapping eines einfachen Prädikats

```
1 WENN gilt: 'subjekt rdf:type klasse' für alle angegebenen Klassen
2 UND: alle Beschränkungen werden erfüllt
3 UND: es gibt Statement 'subjekt quelle:prädikat1 objekt'
4 → DANN: erzeuge Statement 'subjekt vokabular:prädikat2 objekt'
```

Daneben existiert der Fall, dass ein Prädikat verwendet wird, welches auf einen Datenwert zeigt. Wobei an dieser Stelle angenommen sei, es gelte die in den Abschnitten 5.8.4 und 5.9.1.1 vorgeschlagene Konvention für die Dokumentation der Datenwerte, ihrer Typen und Einheiten. Dann gilt als Struktur, wie in Abschnitt 5.9.3.3 erläutert, dass für die Instanz das Prädikat auf eine Ressource zeigt, die einen konkreten Wert (Prädikat `rdf:value`) besitzt und deren Typ (Prädikat `rdf:type`) die Datentyp-Klasse ist. Die Datentyp-Klasse ist wiederum vom Typ (Prädikat `rdf:type`) der entsprechenden Einheit, gegeben durch einen eindeutigen IRI. Dies muss entsprechend auch bei der Generierung der Inferenzregeln berücksichtigt werden. Ist die Konvention hingegen nicht erfüllt, so ist die Inferenzregel entsprechend des vorliegenden Musters zu generieren.

Wenn die Konvention gilt, dann kann die Regel wie nachfolgend beschrieben erzeugt werden. Auch hier gilt eine Regel jeweils für ein einzelnes Prädikat. Es sind zu Beginn erneut die Klassenentsprechung und die Beschränkungen zu prüfen. Erfüllt eine Instanz diese Voraussetzungen, so ist dann zu prüfen, ob das Prädikat auf eine (Datenwert-)Ressource der oben beschriebenen Struktur verweist.

Vorab ist zu ermitteln, ob der erkannte Datentyp im Quellmodell kompatibel zum Zieldatentyp ist, welcher im EA-Vokabular angegeben ist. Hierzu gilt es, die referenzierten Einheiten zu betrachten. Sind sie identisch, dann muss keine Transformation des Wertes stattfinden. Sind sie verschieden, dann ist hingegen festzustellen, ob der Wert von der Quelleinheit in die Zieleinheit transformiert werden kann. Wenn dieses möglich ist, dann ist die Umrechnungsvorschrift zu ermitteln. Stellt die Prüfung fest, dass die Einheiten nicht kompatibel sind, kann keine Transfor-

mation stattfinden. Diese Ermittlung kann vor der eigentlichen Regelgenerierung erfolgen und ist somit kein Gegenstand der Regeldefinition. Hierzu ist es selbstverständlich erforderlich, dass entsprechende Umrechnungen bekannt und definiert sind. Dies ist gegeben, wenn die Einheiten z. B. durch die Ontologiesammlung QUDT ([Siehe QUD17] und allgemeine Erläuterung in Abschnitt 4.4.1) definiert sind, in der Parameter für eine Umrechnung enthalten sind. Auch wenn das DBpedia-Projekt [Siehe DBp18] als Quelle für IRIs der Einheiten verwendet wird, können auf Basis dieser Standard-IRIs Transformationen zentral festgelegt werden. Werden keine Standard-IRIs verwendet, dann ist individuell eine Transformation vorzusehen oder es ist keine Transformation möglich.

Wenn der Wert übertragen werden kann (mit oder ohne Transformation), ist eine entsprechende Regel zu erstellen. Im Allgemeinen wird dann das Literal selektiert und innerhalb der Regel, falls erforderlich und möglich, transformiert.

Im Ergebnis muss die Regel ein neues Statement erzeugen, dass der ursprünglichen Instanz mittels eines vereinbarten Prädikates (z. B. `ea:dataValue`) eine neue Ressource zuweist. Damit ist später ein einheitlicher Zugriff auf die Ressource möglich, wenn dieser Konvention gefolgt wird. Für das Prädikat ist hierzu die entsprechende Bedeutung vorgesehen. Diese neu erzeugte Ressource muss einen eindeutigen IRI erhalten und ist vom Typ (Prädikat `rdf:type`) des angestrebten Datentypkonzepts aus dem EA-Vokabular. Zudem wird ihr über das allgemein verbreitete Prädikat `rdf:value` der (gegebenenfalls transformierte) Wert zugewiesen. In Pseudocode ergibt sich die in Listing 5.5 notierte Regel.

**Listing 5.5:** Mapping eines Datenwerts

```

1 WENN gilt: 'subjekt rdf:type klasse' für alle angegebenen Klassen
2 UND: alle Beschränkungen werden erfüllt
3 UND: es gibt Prädikat 'subjekt quelle:prädikat1 datenobjekt1'
4 UND: es gibt Prädikat 'datenobjekt1 rdf:value wert1'
5 → DANN: erzeuge neue Ressource 'datenobjekt2'
6 → UND: transformiere 'wert1' in 'wert2'
7 → UND: erzeuge Statement 'subjekt ea:dataValue datenobjekt2'
8 → UND: erzeuge Statement 'datenobjekt2 rdf:type zieltyp'
9 → UND: erzeuge Statement 'datenobjekt2 rdf:value wert2'

```

Ein weniger komplexer Fall liegt vor, wenn z. B. in einem Domänenmodell direkt ein Wert mittels Prädikat referenziert wird, ohne eine Zwischenstufe mit Datentyp und Einheit. Die Mappingdefinition würde jedoch auf einen definierten Zieldatentyp des Vokabulars verweisen, sodass der Wert als solcher in der Datenbasis eingefügt werden kann. Dann wären allerdings keine Prüfung der Typkompatibilität und keine Transformation möglich. In diesem Fall wäre der Quellwert direkt zu übernehmen. Der obige Fall wird somit vereinfacht. Es muss lediglich der Ausgangswert selektiert werden, der durch das Prädikat referenziert wird. Es wird danach gemäß der Konvention und analog zu oben, ein neues Objekt erzeugt, welches den Zieldatentyp als Typ und den übernommenen Ausgangswert als Wert hat. In Pseudocode ergibt sich dafür die Regel aus Listing 5.6.

**Listing 5.6:** Mapping eines einfachen Wertes (ohne angegebenen Quelldatentyp)

```

1 WENN gilt: 'subjekt rdf:type klasse' für alle angegebenen Klassen
2 UND: alle Beschränkungen werden erfüllt
3 UND: es gibt Prädikat 'subjekt quelle:prädikat1 wert'
4 → DANN: erzeuge neue Ressource 'datenobjekt2'
5 → UND: erzeuge Statement 'subjekt ea:dataValue datenobjekt2'
6 → UND: erzeuge Statement 'datenobjekt2 rdf:type zieltyp'
7 → UND: erzeuge Statement 'datenobjekt2 rdf:value wert'

```

#### 5.9.4.4 Spezifikation der Schlüsseleigenschaften

Ein weiterer in den Mappingdefinitionen festgelegter Aspekt ist die Schlüsseleigenschaft (siehe Abschnitt 5.9.3.3). Damit wird jeweils eine identifizierende Eigenschaft im Kontext einer Klasse benannt, mit der sich die Instanzen aus z. B. fachlicher Sicht identifizieren lassen. Das könnte ein Name oder ein sonstiger Bezeichner sein. Im Fall der Zuordnungsinstanzen ist es die zu Beginn festgelegte Identifikatoreigenschaft (siehe Abschnitt 5.8.1). Der IRI ist in der Regel auch eindeutig, stellt aber lediglich eine technische Eigenschaft dar. Zudem eignet sich die identifizierende Schlüsseleigenschaft auch dazu, dass sie von zwei verschiedenen Instanzen (mit unterschiedlichen IRIs) geteilt wird und somit eine Gleichheit repräsentiert. Dies ist bei der indirekten Verbindung über die Zuordnungsinstanzen von großer Relevanz, kann aber auch für Instanzen anderer Klassen genutzt werden (siehe Abschnitt 5.9.3.3).

Das Vorliegen einer solchen Schlüsseleigenschaft erleichtert somit das Erkennen gleicher Instanzen, wie auch *Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] ausführen. Sie ziehen zudem die Parallele zu relationalen Datenbanken, da es nach ihnen ebenfalls um die Feststellung geht, ob zwei Entitäten das gleiche Objekt darstellen. Für das Semantic-Web-Umfeld zeigen sie auf, wie mit einem definierten Prädikat ein Schlüssel ausgedrückt werden kann. [Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 385 ff.]

Das in [Heb+09] skizzierte Vorgehen ist somit die Motivation für die hier gewählte Variante, ein festgelegtes Prädikat zu nutzen, um die Schlüsseleigenschaft auszudrücken. Wobei im vorliegenden Fall ein Schritt vorher angesetzt wird, ausgehend von individuellen Prädikaten in den Quellmodellen. Diese werden erst durch die Mappingdefinitionen als solche besonderen Prädikate bestimmt, woraus dann per Regel das festgelegte Prädikat zur Ablage der Schlüsseleigenschaft erzeugt wird.

Sei vom einfachen Fall ausgegangen, dass es pro Klassenkontext ein Prädikat gibt, welches die Schlüsseleigenschaft anzeigt. Andernfalls muss dies beim Generieren der Regel entsprechend auf mehrere Prädikate erweitert werden.

Eine Regel für die Spezifikation der Schlüsseleigenschaft muss erneut zunächst die Klassenentsprechung und die Beschränkungen prüfen, um den Kontext sicherzustellen. Erfüllt eine Instanz diese Voraussetzungen, so ist derjenige Wert einer Instanz zu selektieren, welcher durch das angegebene Prädikat der Schlüsseleigenschaft referenziert wird. Hierfür ist dann für den einheitlichen, übergreifenden Zugriff ein neues Statement zu erzeugen. Der Instanz wird dabei der Schlüsselwert durch ein vereinbartes Prädikat mit entsprechender Bedeutung (z. B. `ea:hasKey`) explizit zugewiesen.

Sind mehrere Klassen an der Mappingdefinition beteiligt, so stellt die Regel sicher, dass nur dann das neue Statement zur Festlegung des Schlüssels mit dem einheitlichen Prädikat erzeugt wird, wenn alle Schlüsselwerte identisch sind. In Pseudocode ausgedrückt ergibt sich das Listing 5.7.

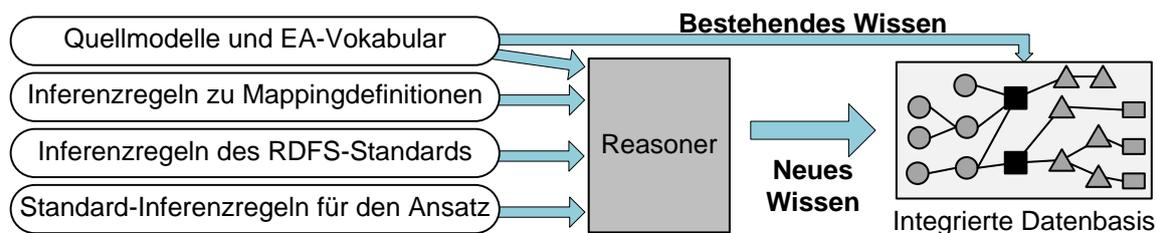
**Listing 5.7:** Spezifikation der Schlüsseleigenschaft

```
1 WENN gilt: 'subjekt rdf:type klasse' für alle angegebenen Klassen
2 UND: alle Beschränkungen werden erfüllt
3 UND: es gibt Statement 'subjekt quelle:prädikat schlüssel'
4 UND: alle Schlüsselwerte sind identisch
5 → DANN: erzeuge Statement 'subjekt ea:hasKey schlüssel'
```

### 5.9.4.5 Ausführung der Inferenzregeln

Es können nun für alle Mappingdefinitionen die entsprechenden Inferenzregeln erzeugt werden. Daneben existieren bereits die RDF-Repräsentationen der Quellmodelle (siehe Abschnitt 5.8.4) sowie das angereicherte EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.1.2).

Damit nun die Informationen auch tatsächlich verknüpft und über das EA-Vokabular zugreifbar sind, müssen die Inferenzregeln ausgeführt werden. Mit einem Reasoner kann wie in Abschnitt 4.3.4 erwähnt, aus dem bestehenden Wissen und Regeln neues Wissen in Form zusätzlicher Statements abgeleitet werden. Dies ist in Abbildung 5.20 skizziert. Die integrierte Datenbasis setzt sich dabei aus bestehendem Wissen (Quellmodelle und EA-Vokabular) und neuem Wissen (durch Reasoning abgeleitetes Wissen) zusammen. Als Inferenzregeln gehen zunächst die zuvor für die Mappingdefinitionen erzeugten Regeln ein. Als zweite Regelmenge geht die RDFS-Semantik in Form der RDFS-Standardregeln (siehe Abschnitt 4.3.4) in das Reasoning ein. Diese RDFS-Regeln beziehen sich auf die Typen sowie die Klassen- und Unterklassenbeziehungen [Siehe HP14]. Die Verwendung der RDFS-Semantik ergibt sich, wie zuvor ausgeführt wurde daher, dass im vorliegenden Ansatz von RDFS als ausreichende Sprache ausgegangen wird.



**Abbildung 5.20:** Zusammensetzung der integrierten Datenbasis aus bestehendem und neu abgeleitetem Wissen (Quelle: Eigene Darstellung)

Darüber hinaus gibt es noch Standard-Inferenzregeln, die unabhängig von den konkreten Mappingdefinitionen sind, und für den vorliegenden Ansatz im Allgemeinen gelten. Diese beschreiben einen Teil der Semantik für die indirekte Verknüpfung der Elemente, wie etwa die Regeln für die Behandlung der Gleichheit von Instanzen. Wobei diese Regelmenge nicht beschränkt ist und somit bei Bedarf, z. B. aufgrund zusätzlich vereinbarter Prädikate, erweitert werden könnte.

*Hebeler, Fisher, Blace* und *Perez-Lopez* [Heb+09] weisen darauf hin, dass OWL mit `owl:sameAs` ein Standard-Prädikat besitzt, um zwei Instanzen als identisch zu kennzeichnen. Verbunden damit ist eine festgelegte Semantik, sodass sie etwa in Statements beliebig gegeneinander ausgetauscht werden könnten. Entsprechende OWL-Reasoner vorausgesetzt. Wie ebenfalls von ihnen aufgezeigt wird, kann auch ein alternatives, eigenes Prädikat sinnvoll sein, mit dem stattdessen gleiche Instanzen verknüpft werden. Damit hat eine Anwendung mehr Kontrolle darüber, wie genau dieses Prädikat verwendet wird (Bedeutung) und welche Statements daraus automatisch abgeleitet werden können. Bei `owl:sameAs` kann dies im Gegensatz dazu zu unerwünschten Nebeneffekten führen.[Zu diesem Absatz siehe Heb+09, S. 387-388]

Auch in [HH10] wird auf das Prädikat `owl:sameAs` und seine Nutzung eingegangen. Es könne demnach zu falschen Interpretationen beziehungsweise falschen Schlussfolgerungen kommen. So existieren unterschiedliche Verständnisse und Abstufungen der Identität, wobei `owl:sameAs` stets aussage, dass zwei Instanzen exakt identisch und somit austauschbar wären.[Siehe HH10]

Ausgehend von diesen Überlegungen sei für den vorliegenden Ansatz ein neues Prädikat, z. B. `ea:isSameAs`, vereinbart. Es bietet die Möglichkeit, die Semantik für den vorliegenden

Ansatz individuell festzulegen. Damit Abfragen später diese Verbindungen in beide Richtungen durchlaufen können, werden zu den betroffenen Instanzen zwei Statements mit diesem Prädikat eingefügt. Das erste Statement verbindet Instanz A mit Instanz B, es gilt somit etwa `instanceA ea:isSameAs instanceB`. Das zweite Statement verbindet analog Instanz B mit Instanz A.

Das Erzeugen dieser Statements kann mittels zweier Inferenzregeln erfolgen, welche zugleich die minimale Menge der Standard-Inferenzregeln für diesen Ansatz bilden. Die erste Regel dient der Erkennung einer solchen Gleichheit zweier Instanzen auf Basis von Statements, die das zuvor vereinbarte Schlüsselprädikat `ea:hasKey` beinhalten. Ist für zwei Instanzen jeweils ein solches Statement mit dem Prädikat `ea:hasKey` definiert und der referenzierte Schlüsselwert in beiden Fällen identisch, dann sind diese beiden Instanzen entsprechende Kandidaten. Zusätzlich ist zu prüfen, dass es noch keine Verknüpfung über `ea:isSameAs` gibt, und dass die Instanzen nicht dieselbe Instanz darstellen (gleicher IRI). Außerdem ist zu prüfen, dass die Instanzen vom gleichen Typ (also dem gleichen EA-Vokabularkonzept) sind, bevor sie schließlich als gleich angesehen werden können.

Es ergibt sich somit die Regel in Listing 5.8 als Pseudocode.

**Listing 5.8:** Statement-Erzeugung zur Aussage der Gleichheit - erste Richtung

```

1 WENN gilt: 'subjekt1 ea:hasKey schlüssel'
2 UND: 'subjekt2 ea:hasKey schlüssel' (mit gleichem Schlüsselwert)
3 UND: es gibt noch kein Statement 'subjekt1 ea:isSameAs subjekt2'
4 UND: subjekt1 und subjekt2 sind nicht dasselbe Subjekt (IRI ist somit verschieden)
5 UND: 'subjekt1 rdf:type klasse' und 'subjekt2 rdf:type klasse' zeigen auf den gleichen Typ
6 → DANN: erzeuge Statement 'subjekt1 ea:isSameAs subjekt2'
```

Um nun die entgegengerichtete Beziehung, ausgehend von der zweiten zur ersten Instanz, explizit durch ein entsprechendes Statement auszudrücken, lässt sich eine zweite Inferenzregel formulieren. Liegt ein Statement mit dem Prädikat `ea:isSameAs` vor und es gibt noch kein Statement für die entgegengesetzte Richtung, dann soll für zwei nicht identische Instanzen (IRI verschieden) ein neues Statement mit dem Prädikat `ea:isSameAs` für diese Richtung erzeugt werden. In Pseudocode ausgedrückt, ergibt sich die Regel in Listing 5.9.

**Listing 5.9:** Statement-Erzeugung zur Aussage der Gleichheit - entgegengesetzte Richtung

```

1 WENN gilt: 'subjekt1 ea:isSameAs subjekt2'
2 UND: es gibt noch kein Statement 'subjekt2 ea:isSameAs subjekt1'
3 UND: subjekt1 und subjekt2 sind nicht dasselbe Subjekt (IRI ist somit verschieden)
4 → DANN: erzeuge Statement 'subjekt2 ea:isSameAs subjekt1'
```

Die Schilderung in diesem Abschnitt geht davon aus, dass die Informationsquellen vorab in RDF-Repräsentationen transformiert und gemeinsam mit den neu abgeleiteten Statements in die integrierte Datenbasis eingefügt werden. Sollen hingegen wie im Abschnitt 5.9.2 erläutert, die Datenquellen erst bei Anfrage über eine z. B. SPARQL-Schnittstelle zugegriffen werden, so sind die Inferenzregeln jedoch ebenfalls wichtig zu berücksichtigen und auszuführen. Zuvor sind jedoch ergänzend dazu, wie in Abschnitt 4.4.4 erläutert, die Anfragen umzuschreiben, sodass sie den Ontologien der Datenquellen folgen. Dies ist erforderlich, da dort das EA-Vokabular nicht bekannt ist. Der Zeitpunkt der Regelausführung und Ermittlung der neuen Statements verschiebt sich somit. Dieses findet erst bei Zugriff statt. Im Rahmen einer konkreten Realisierung des Ansatzes kann dies nach Bedarf umgesetzt werden.

Die Ausführung aller drei Regelmengen auf der bestehenden Informationsbasis, gegeben durch die Zuordnungselemente, die Domänenmodelle und die Datenwertmodelle, leitet wie in Abbildung 5.20 dargestellt, eine Menge von neuen Statements („Neues Wissen“) ab. Diese neuen Statements ergeben in Kombination mit der bestehenden Informationsbasis die integrierte

Datenbasis. Darin enthalten sind somit weiterhin die detaillierten Informationen der Quellmodelle, jedoch angereichert und erweitert um zusätzliche Informationen.

Die Informationen sind über das festgelegte EA-Vokabular, der einheitlichen Begriffsebene, zugreifbar. Wobei die bestehenden Instanzen aus den Quellmodellen erhalten bleiben und durch Ergänzung der neuen Statements zusätzlich unter dem neuen EA-Vokabular zugreifbar gemacht werden. Datenwerte wurden gegebenenfalls transformiert und mit ihrem neuen Wert abgelegt. Die Datenbasis wird dabei wie in Abschnitt 4.4.5 beschrieben, durch das gemeinsame Datenmodell RDF ermöglicht, da alle Ressourcen eindeutig durch IRIs identifiziert werden. Zudem erfolgt die Speicherung in Form von Tripeln, sodass konzeptionell mehrere Graphen zu einem Graphen zusammengeführt werden.

Bei der Zusammenführung verschiedener Quellen ist zu beachten, dass Datenkonflikte auftreten können und somit entsprechende Verfahren zur Konfliktbewältigung anzuwenden sind [Siehe Ise14, S. 117]. Das Semantic Web bietet hierzu durch die Berücksichtigung der Semantik die Möglichkeit, Fehler während der Nutzungsphase zu erkennen und möglicherweise zu korrigieren, anstatt eine aufwendige, umfangreiche Datenbereinigung vorab durchführen zu müssen [Siehe Heb+09, S. 17]. Es liegt nahe, dass weitergehende Verfahren zur Konflikterkennung und -behebung nützlich sind. Dies ist wiederum ein eigenes Forschungsfeld, weshalb für Konfliktlösungsansätze im Kontext einer EA im Allgemeinen stellvertretend auf [Vgl. Rot+13b] verwiesen wird.

Zugleich wird dieses Thema für den Kontext des Semantic Web allgemein betrachtet. So z. B. in [Siehe Ioa+10], wo Duplikate von RDF-Ressourcen anhand deren Beschreibung und Struktur identifiziert werden. Auch in [Siehe Noe+10] wird auf die Erkennung gleicher Objekte fokussiert, was mittels eines Ähnlichkeitsmaßes erfolgt. Ein drittes, stellvertretendes Beispiel ist [Siehe HPB15], wo die Identität zweier Ressourcen anhand eines Vergleiches der jeweiligen Teilgraphen geprüft wird.

Am Ende sind die Quellmodelle durch die Zuordnungsinstanzen indirekt verknüpft. Dies sind somit die Verbindungspunkte der sonst nicht oder kaum verknüpften Quellmodelle. Sie dienen damit später dem Durchlaufen des Gesamtgraphen.

Die integrierte Datenbasis steht somit für vielfältige Anwendungsszenarien zur Verfügung. Eines ist die Analyse von Handlungsempfehlungen zu einem bestimmten Kontext, wie sie im Kapitel 7 erläutert wird. Hierzu erfolgt im kommenden Kapitel 6 zunächst die allgemeine Betrachtung von Analyseaspekten.

# 6 Analysegrundlagen und Betrachtung eines Verfahrens zur Qualitätsbeurteilung

*Nachdem in Kapitel 5 der Vernetzungsansatz für EA-Teilarchitekturen beschrieben wurde, beleuchtet dieses Kapitel zu Beginn die Verwendung der Datenbasis für Analysen im Allgemeinen. Danach erfolgt die Betrachtung bestehender EA-Analyseansätze mit und ohne Nutzung von Technologien des Semantic Web.*

*Durch die Zielsetzung der Arbeit liegt der Fokus auf der Ableitung des Bedarfs an Handlungen. Auf verbundene Herausforderungen wird dementsprechend gezielt eingegangen. Dies ist auch Anlass für eine Betrachtung des Dienstleistungsmanagements, wo etablierte Methoden hierfür bereits existieren. Die Importance-Performance-Analyse ist ein solcher Vertreter und wird daher detailliert vorgestellt. Das Kapitel schließt mit einer Beschreibung der Untersuchungsebene innerhalb der Datenbasis als Ausgangspunkt für den Analyseansatz im nächsten Kapitel.*

---

6.1	Integrierte Datenbasis als Grundlage für Analysen . . . . .	147
6.2	Übersicht über bestehende EA-Analyseansätze . . . . .	149
6.3	Herausforderungen beim Ableiten des Handlungsbedarfs in einem bestimmten Kontext . . . . .	157
6.4	Ableitung des Bedarfs an Handlungen im Qualitätsmanagement bei Dienstleistungen . . . . .	159
6.5	Abstraktionsebene und übergreifende Untersuchungsobjekte . . . . .	168

---

## 6.1 Integrierte Datenbasis als Grundlage für Analysen

In einem Unternehmen existieren oftmals vielfältige Architekturmodelle und weitere Quellen mit relevanten Informationen (siehe Abschnitt 2.1.2.2). In Abschnitt 5.2.1 wurden ausgehend davon die Herausforderungen beim Aufbau einer übergreifenden EA aufgezeigt. Die Teilmodelle der Domänen sind im Allgemeinen konzeptionell verschieden und kaum direkt verknüpft. Aus diesem Grund werden in einer EA (manuell oder teil-automatisiert) dann nur abstrahierte Informationen abgebildet. Wohingegen in den Teilmodellen die detaillierten Informationen bestehen, aber einer übergreifenden Analyse ausgehend von der EA nicht unmittelbar zugänglich sind. Das Grundverständnis einer EA umfasst jedoch gerade die Nutzung weitreichender Informationen zur übergreifenden Analyse und Entscheidungsunterstützung [Stellvertretend vgl. Jon+06, S. 64].

In Kapitel 5 wurde vor diesem Hintergrund ein Ansatz erläutert, der auf Basis von Technologien des Semantic Web und konzeptionellen Aspekten, wie etwa den Zuordnungselementen, eine indirekte Verknüpfung der Detailinformationen ermöglicht (siehe Abschnitt 5.7.2 für einen Überblick). Dies resultiert in einer integrierten Datenbasis, in der die Informationen mithilfe des EA-Vokabulars einheitlich abrufbar sind. Das Vokabular agiert dabei wie aufgezeigt als neutrale Begriffsschicht oberhalb der Detailmodelle. Die Übernahme der detaillierten Informationen in diese Datenbasis ermöglicht es, wie in Abschnitt 5.7.1 benannt, umfangreiche und ganzheitliche Analysen durchzuführen. Zudem stehen die Beziehungen zwischen den Elementen auf der Detailebene weiterhin zur Verfügung, auch wenn kein explizites Mapping durchgeführt wurde. Sie können daher bei Abfragen transparent im Hintergrund durchlaufen werden. Im Gegensatz zu Ansätzen mit abstrahierten Informationen in der EA (siehe Abschnitt 5.2.1) sollen beim

Füllen der integrierten Datenbasis möglichst viele detaillierte Informationen übernommen werden. Entsprechend der Ausgestaltung des Ansatzes können die Quellen wie in Abschnitt 5.9.2 erläutert wurde, entweder erst bei einer Abfrage zugegriffen werden oder aber vorab in die Datenbasis überführt werden.

Die Vernetzung der Informationen und deren Analyse sind als Kombination zu sehen. Dies korrespondiert mit den Ausführungen in Abschnitt 2.1.3, wonach sich der Mehrwert einer EA erst durch die Verwendung ergibt. Somit befasst sich dieses Kapitels damit, Analysen für verschiedene Szenarien auf Basis der zuvor konzipierten Datenbasis zu ermöglichen. Wie in Abbildung 6.1 verdeutlicht, wird dazu zunächst auf EA-Analysen im Allgemeinen eingegangen. Im folgenden Kapitel 7 liegt dann der Fokus auf einem spezifischen Analysezweck.



**Abbildung 6.1:** Kapitelstruktur - Kapitel 6: Fokus auf die Analyse im Allgemeinen (Quelle: Eigene Darstellung)

Bislang dominieren in Unternehmen lokale Analysen aus Sicht einer einzelnen Domäne. Ganzheitliche, übergreifende Analysen sollen hingegen helfen, diese Inselsichten zu überbrücken und Einsichten aus Gesamtsicht zu ermöglichen. So etwa einen Handlungsbedarf für Veränderungen vor dem Hintergrund eines spezifischen Untersuchungskontextes aus unternehmensweiter Sicht zu erkennen und vorzuschlagen. Diese ganzheitliche Betrachtung des Unternehmens entspricht dabei eigentlich der Intention einer EA (siehe Abschnitt 2.1.1).

Vor diesem Hintergrund seien auch die Merkmale aus Abschnitt 5.3 berücksichtigt, welche grundsätzliche Leitlinien für die Konzeption des Vernetzungs- und Analyseansatzes der vorliegenden Arbeit darstellen. So soll auch die Analyse, wie die Vernetzung zuvor (siehe Kapitel 5), nicht nur auf ein festes EA-Metamodell begrenzt sein (Merkmal „M1 - Individualität“). Demgegenüber wird z. B. in [Siehe Lan13, S. 189 ff.] ein Analyseansatz beschrieben, der sehr eng an die EA-Beschreibungssprache ArchiMate [Vgl. zu ArchiMate LPJ09] gebunden ist.

Die Analyse soll des Weiteren mit Anpassungen der Teilmodelle oder des EA-Vokabulars umgehen können (Merkmal „M2 - Variabilität“). Ebenso wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit dem Merkmal „M5 - Flexibilität“ große Bedeutung beigemessen. Die Analysen sollen flexibel erstellt werden und direkt mit der Datenbasis arbeiten können. Es sei für einen anders ausgeprägten Ansatz stellvertretend auf [Siehe Lan13, S. 189 ff.] verwiesen, wo im Gegensatz dazu die Analysen spezifisch für eine bestimmte Fragestellung zu realisieren sind. Merkmal „M6 - Benutzbarkeit“ folgend sei zudem auf eine möglichst einfache Definition der Auswertungen zu achten. Dies kann etwa durch vertraute Konzepte (z. B. mathematische Operatoren) und durch die Nutzung des gemeinsam festgelegten EA-Vokabulars unterstützt werden.

Hinsichtlich der Analysearten lassen sich wie in Abschnitt 2.1.3 erläutert, zwei Arten betrachten. *Aier*, *Riege* und *Winter* [Siehe ARW08, S. 294-295] unterscheiden hierbei einerseits Analysen der EA selbst (z. B. Architekturqualität, fehlende Zuordnungen) sowie andererseits Analysen basierend auf einer EA und der darin befindlichen Daten. Gleichwohl wird in [Siehe ARW08, S. 295] hervorgehoben, dass der ersten Ausprägung tendenziell eine größere Aufmerksamkeit zuteilwird.

Dies stellt neben eigenen Beobachtungen der EAM-Nutzung in der Praxis einen weiteren Grund dafür dar, dass sich der zu beschreibende Analyseansatz primär auf die zweite Art bezieht. Fokussiert werden also Fragestellungen, bei denen auf Basis der EA und deren Daten eine

Entscheidungsunterstützung erfolgen soll. Wobei es die indirekte Vernetzung auch ermöglicht, Zuordnungen und Beziehungen von Elementen zu prüfen, sogar über die bisherigen Grenzen der Teilmodelle hinweg. Dies kann als Grundlage für verschiedene EA-Analysen dienen, wie sie in Abschnitt 3.1 erläutert wurden. So etwa bei der Abhängigkeitsanalyse zur Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Elementen einer EA [Vgl. Nie05, S. 128].

Wobei in der vorliegenden Arbeit ein Analyseansatz primär zur Erkennung des Bedarfs an Handlungen für einen individuell festzulegenden Kontext skizziert wird (siehe Kapitel 7).

In Abschnitt 5.1 wurde bereits allgemein auf den Forschungsbedarf speziell bei EA-Analysen eingegangen. So wird etwa in [Vgl. Sim13, S. 27 ff.] herausgestellt, dass die EA-Analysen in der Forschung vergleichsweise wenig repräsentiert sind. Daneben zeigen die Ergebnisse einer Umfrage unter EA-Praktikern in [Siehe Far+11, S. 329], dass die Entscheidungsunterstützung sowie das Aufdecken des Optimierungspotenzials zu relevanten EA-Zielen zählen.

Zudem wird in [Siehe BMS10, S. 404-405] hervorgehoben, dass zukünftig übergreifende Analyseansätze vorzugswürdig erscheinen, in denen Kennzahlen nicht nur für eng begrenzte Aspekte, sondern über verschiedene Ebenen hinweg betrachtet werden können. Dieses wird auch von der Umfrage in [Siehe Far+11, S. 332-335] gestützt, wonach ein Bedarf z. B. nach der Definition von Key Performance Indicators (KPIs) besteht.

## 6.2 Übersicht über bestehende EA-Analyseansätze

In Abschnitt 5.6 wurden bereits verschiedene Ansätze dargestellt, welche der Vernetzung von EA-Modellen dienen. Analog dazu erfolgt an dieser Stelle eine Darstellung von EA-Analyseansätzen. Wie schon herausgearbeitet wurde, sind Ansätze zur EA-Analyse noch vergleichsweise wenig im Fokus der Forschung. Die nachfolgenden Ausführungen sollen daher einen Überblick über verschiedene Ansätze bieten.

Auch in diesem Abschnitt sollen die Ansätze mit ihren wesentlichen Merkmalen erläutert und tabellarisch eingeordnet werden. Zunächst werden hierzu verschiedene Ansätze betrachtet, welche auf Technologien des Semantic Web basieren (siehe Abschnitt 6.2.1). Zusätzlich werden einige Ansätze skizziert, die ohne Bezug zu diesen Technologien sind (siehe Abschnitt 6.2.2). Abschließend erfolgt eine zusammenfassende Betrachtung in Abschnitt 6.2.3.

Die Tabellen zur Einordnung der Ansätze sind jeweils identisch aufgebaut, um die Lesbarkeit zu verbessern. Es sind hierzu sechs Spalten vorgesehen. Die erste Spalte gibt an, ob ein Ansatz Technologien des Semantic Web einsetzt. Das zweite Kriterium ist die Angabe, ob der Ansatz ein flexibles EA-Modell für die Analyse unterstützt. In der dritten und vierten Spalte wird notiert, ob der Ansatz die Analyse der EA selbst unterstützt bzw. ob Analysen auf Basis der abgelegten Informationen erfolgen können. Das bezieht sich auf die Grobklassifizierung von [ARW08] in Abschnitt 3.1. Das fünfte Kriterium erfasst, ob kurzfristige Ad-hoc-Auswertungen unterstützt werden. Schließlich wird in der sechsten Spalte erfasst, ob die Definition der Analysen auch mit wenigen technischen Kenntnissen möglich ist.

Hierzu ist pro Spalte eine Skala für den Grad der Unterstützung beziehungsweise den Grad der Erfüllung vorgesehen, deren Ausprägungen sich als Einschätzungen auf Basis der Erläuterungen in den jeweiligen Veröffentlichungen ergeben. Die Skala reicht von „vollständig unterstützt“, über „mittel“ bis hin zu „nicht gegeben“. Zudem gibt es die Option, dass keine Einschätzung aus der Veröffentlichung abgeleitet werden konnte.

### 6.2.1 EA-Analyseansätze auf Basis von Technologien des Semantic Web

*Proença* und *Borbinha* [PB18] präsentieren einen Ansatz zur teilweisen, automatisierten Beurteilung des Reifegrads (Maturity Assessment) einer Organisation. Hierbei bilden EA-Modelle und Technologien des Semantic Web die Grundlagen. In diesem Absatz wird der Ansatz skizziert. Die Beschreibung basiert dabei auf den Erläuterungen in [PB18]. Teilschritte ihres Ansatzes sind die Abbildung der verwendeten Modelle durch Ontologien und das Schlussfolgern von Wissen, um Anhaltspunkte für die Einordnung in einen Reifegrad zu prüfen. Bei den Modellen werden die Reifegradmodelle als Ausgangspunkt der Ermittlung und die EA-Modelle mit den Inhalten unterschieden. Die Analyse prüft dann die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Reifegrad anhand dessen, ob bestimmte Eigenschaften erfüllt sind. In der Veröffentlichung werden hierfür die Durchführung von Schlussfolgerungen und das Abfragen mittels SPARQL benannt. Wobei der Artikel auf die Sprache ArchiMate und das Ziehen von Schlussfolgerungen begrenzt ist. Das Schlussfolgern wird angewendet, um relevante Fragestellungen der zugrunde liegenden Reifegradmethode zu prüfen.[Zu diesem Absatz siehe PB18, S. 102-109]

Der Ansatz lässt sich mit seinen charakterisierenden Merkmalen wie folgt in die Tabelle 6.1 einordnen. Die Analyse verwendet grundlegende Technologien des Semantic Web. Die Veröffentlichung benennt verschiedene, mögliche Modellarten, was eine Modellflexibilität andeutet. Der Artikel beschränkt sich jedoch auf die Verwendung ArchiMate-basierter Modelle. Die Reifegradbewertung analysiert die EA selbst, wohingegen Werte innerhalb der EA nicht Gegenstand der Betrachtung sind. Die Schlussfolgerungen sind vor der Analyse zu definieren und exakt am zugrunde liegenden Metamodell auszurichten. Ad-hoc-Auswertungen sind folglich nicht unmittelbar möglich. SPARQL kommt im Rahmen des Artikels nicht zum Einsatz. Zudem ist ein gewisses technisches Wissen über die semantischen Technologien erforderlich.

*Osenberg*, *Langermeier* und *Bauer* [OLB15] beschreiben in ihrem Ansatz, neben der Überführung eines EA-Modells in eine Ontologie auf Basis von Semantic-Web-Technologien, auch die Analyse dieser Informationsbasis. Dieser Absatz beruht auf den Erläuterungen in [OLB15] und skizziert den Ansatz. Eine Vorbereitung der Analyse betrifft in ihrem Ansatz zunächst das Schlussfolgern von implizitem Wissen, wie sie es etwa für inverse Beziehungen beschreiben. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der entsprechenden Semantik der Beziehungen im Modell. Sie beschreiben daneben eine eigenständige Ontologie, in der allgemeingültig die Konzepte für die Analyse beschrieben werden. Dabei zielen sie darauf ab, dass die Analysen mit wenig Aufwand wiederverwendbar sind, wenn sie von der eigentlichen EA-Ontologie entkoppelt werden. Die Analysekonzepte werden auf die EA-Konzepte abgebildet und neues Wissen durch Schlussfolgerungen abgeleitet. Die eigentlichen Analysen werden im Ansatz z. B. in SPARQL beschrieben, die auf der angereicherten Informationsbasis ausgeführt werden. Es besteht ein Fokus auf Analysen zum Change Impact, um die (direkten und indirekten) Auswirkungen einer Veränderung im EA-Modell zu analysieren. In der Analyse-Ontologie sind Veränderungsgründe festgelegt, ebenso wie das Propagationsverhalten der Veränderungen innerhalb des Modells in Abhängigkeit von vorhandenen Beziehungen. Die eigentliche Analyse ist dann auf zwei Weisen beschrieben. Einerseits fest definiert in SPARQL, und andererseits unter Verwendung von Schlussfolgerungen. Bei der Variante auf Basis von SPARQL wird von einem sich verändernden Element und einem bestimmten Veränderungstyp ausgegangen. Dann werden sukzessive die betroffenen Elemente abgeleitet. Im zweiten Fall werden Schlussfolgerungen genutzt, um ausgehend von einer Veränderung eines Elements darauf zu schließen, wie sich diese Veränderung auf andere Elemente auswirkt. Die Art der Veränderung wird dabei durch die Zugehörigkeit zu Klassen dargestellt.[Zu diesem Absatz siehe OLB15, S. 668-669, 673-678]

Für die Definition der Analysen sind somit technische Kenntnisse z. B. in Form von SPARQL erforderlich. Zudem ergibt sich aus dem Ansatz die Annahme, dass die zur Verfügung stehenden Analysen vorab implementiert werden müssen. Einerseits die gesonderten Analysekonzepte in der eigenständigen Analyse-Ontologie, und andererseits die Analysen selbst.

Eingeordnet in die Tabelle 6.1 ergeben sich für den Ansatz die folgenden Einschätzungen der charakterisierenden Merkmale. Der Ansatz basiert auf grundlegenden Technologien des Semantic Web. Die dedizierte Analyse-Ontologie entkoppelt die Analysedefinition vom EA-Metamodell, sodass keine starre Abhängigkeit von einem Modell vorliegt. Die Analyse fokussiert sich darauf, die EA selbst in Form von Change-Impact-Analysen zu analysieren. Die Nutzung der EA als Informationsbasis für weitergehende Entscheidungsunterstützungen ist dagegen nicht Gegenstand des Ansatzes. Vor der Durchführung einer Analyse sind stets die dedizierte Analyse-Ontologie, die Analyse (z. B. SPARQL) und das Mapping zu definieren. Ad-hoc-Analysen sind damit nicht direkt möglich. Das Erstellen erfordert ein gewisses technisches Wissen bezüglich semantischer Technologien. EA-Experten bzw. Modellierer können somit nicht unmittelbar die Analysen eigenständig definieren.

Abschnitt 5.6 ist bereits auf den Ansatz von *Antunes, Barateiro, Caetano* und *Borbinha* [Ant+15] aus Sicht des Aufbaus der EA eingegangen. Die Datenbasis wird zudem auch zur Analyse genutzt. Im Fokus des Ansatzes stehen Analysen, welche die Compliance der Inhalte prüfen oder die Zusammenhänge und Abhängigkeiten von Elementen betrachten. [Zu diesem Absatz siehe Ant+15, S. 6-7]

Folglich ordnet sich der Ansatz entsprechend in die Tabelle 6.1 ein. Es werden ebenfalls Semantic-Web-Technologien genutzt. Es kann ein beliebiges EA-Modell genutzt werden, wobei einschränkend ein konsistentes Modell vorliegen muss. Die Analysen betreffen des Weiteren primär die EA selbst. Die in der EA abgelegten Informationen sind nicht Gegenstand von Auswertungen. Zur Formulierung von Ad-hoc-Auswertungen oder der Notwendigkeit von technischen Kenntnissen lassen sich keine Einschätzungen ableiten.

Ein weiterer Analyseansatz wird von *Antunes, Caetano* und *Borbinha* [ACB16] präsentiert, wobei sich die Autorengruppe mit derjenigen, des zuvor skizzierten Ansatzes, in [Ant+15] überschneidet. Dieser Absatz beschreibt den Ansatz und beruht somit auf den Erläuterungen in [ACB16]. Der Analyseansatz basiert auf dem gleichen Verfahren zur Erstellung der EA-Datenbasis, wie beim Ansatz in [Ant+15]. Es ist jedoch der Umfang der demonstrierten Analyseverfahren größer. So werden unter anderem Abhängigkeits-, Abdeckungs-, Komplexitäts-, Kosten- und Nutzenanalysen sowie weitere vorgestellt. Somit werden neben Analysen der Struktur auch Analysen auf Basis von Werten präsentiert, die an bestimmten EA-Elementen dokumentiert sind. Hierzu setzen sie Technologien des Semantic Web ein. Es werden OWL als Sprache für die Dokumentation der Ontologien, die Inferenz zum Ziehen von Schlussfolgerungen und SPARQL für einfache Anfragen erwähnt. Dabei wird von einem vorliegenden EA-Metamodell ausgegangen, welches in eine Repräsentation auf Basis von OWL transformiert wird. In ihrem Beispiel wird dazu die Sprache ArchiMate verwendet. Anschließend werden auch alle konkreten ArchiMate-Modelle nach OWL transformiert. Als Grundlage für verschiedene Analysen dient ein vorab ermittelter Graph mit Abhängigkeiten zwischen den Elementen der EA. Dabei ist fest hinterlegt, welche konkreten ArchiMate-Beziehungsausprägungen für diese Abhängigkeiten berücksichtigt werden sollen und welche Ausprägungen folglich nicht zu durchlaufen sind. Die konkreten Analysen erfolgen dann unter Verwendung von Inferenz und SPARQL. Die Abfragen sind dazu in der SPARQL-Sprache zu beschreiben. Da Datenwerte, wie z. B. Kosten, nicht im EA-Modell vorgesehen sind, werden diese mittels domänenspezifischer Ontologien in den Gesamtgraphen eingefügt. Die Analysen nutzen dabei die zuvor ermittelten Abhängigkeiten

und somit die bekannten, direkten Verbindungen zwischen den Elementen. Hierzu sind die allgemeine EA-Metamodell-Ontologie sowie die verschiedenen domänenspezifischen Ontologien zu verwenden.[Zu diesem Absatz siehe ACB16]

Auch dieser Ansatz wird auf Basis der festgestellten, charakterisierenden Merkmale in die Tabelle 6.1 eingeordnet. Ein Kernaspekt stellt die Verwendung verschiedener Technologien des Semantic Web dar. Analog zum vorherigen Ansatz in [Ant+15] kann auch hier ein beliebiges EA-Modell genutzt werden, wobei einschränkend ein konsistentes Metamodell mit direkt zusammenhängenden Elementen zugrunde gelegt wird. Auch für die Ableitung der Abhängigkeiten sind eine genaue Kenntnis und die explizite Hinterlegung von Beziehungsausprägungen erforderlich, die durchlaufen oder gerade nicht durchlaufen werden dürfen. Dies hängt somit fest am jeweiligen Metamodell. Die Analysen betreffen als einer der wenigen Ansätze sowohl die EA selbst als auch die in ihr abgelegten Informationen für gezielte Auswertungen. Hinsichtlich Ad-hoc-Auswertungen werden keine Angaben gemacht. Allerdings führt die skizzierte Beschreibung der Analysen in SPARQL dazu, dass kurzfristig keine Ad-hoc-Anfragen möglich scheinen und diese zudem nicht von einem Fachexperten alleine durchführbar sind. Die Definition der Abfragen erfordert jedoch ein hohes Maß an technischem Wissen für die Beschreibung der SPARQL-Abfragen. Zusätzlich ist eine genaue Kenntnis der verschiedenen Ontologien (Metamodell und domänenspezifische Ontologien) und ihrer Zusammenhänge erforderlich, um gezielte Auswertungen durchzuführen. Auch ist erkennbar, dass insgesamt vergleichsweise einfach konstruierte Abfragen verwendet werden.

Der Ansatz von *Ortmann, Diefenthaler, Lautenbacher, Hess* und *Chen* [Ort+14] beschreibt neben der Vernetzung beteiligter Teilquellen (siehe dazu die Erläuterung in dem Abschnitt 5.6) auch die Analyse der auf diese Weise erstellten EA. Zur Analyse wird hierzu vorgeschlagen, die Anfragen direkt in einer entsprechenden Abfragesprache zu formulieren. Als Analyseziel wird skizziert, wie Transformationen ausgehend von der gegebenen EA hin zu einem angestrebten Zielzustand durchgeführt werden können. Es erfolgt somit eine Nutzung der Strukturinformationen der EA, um die Transformationsschritte abzuleiten.[Zu diesem Absatz siehe Ort+14, S. 622-625]

In die Tabelle 6.1 lässt sich der Ansatz somit wie folgt einordnen. Er nutzt umfangreich die Möglichkeiten der Semantic-Web-Technologien. Ein festes EA-Metamodell wird dabei nicht vorausgesetzt, sondern kann flexibel definiert werden. Die beschriebene Analyse betrachtet die EA selbst und beschreibt keine Szenarien zur Nutzung der EA als Entscheidungsgrundlage auf Basis abgelegter Informationen. Im Ansatz wird nur allgemein auf entsprechende Abfragesprachen für die Definition von Auswertungen eingegangen. Es ist dabei zudem eine Beschreibung der Anfragen vorab erforderlich. Auf Ad-hoc-Anfragen wird nicht eingegangen. Eine notwendige Kenntnis der Technologien ist erforderlich.

Auch im Ansatz von *Chen, Hess, Langermeier, Stuelpnagel* und *Diefenthaler* [Che+13] wird erwähnt, dass die zuvor (siehe Abschnitt 5.6) erstellte EA-Datenbasis zur Analyse genutzt werden kann. Genannt werden die Auswertung von Abhängigkeiten oder die Durchführung von Konsistenzchecks. Auf Details einer Realisierung wird dabei nicht eingegangen.[Zu diesem Absatz siehe Che+13]

In die Tabelle 6.1 kann der Ansatz daher nur grob eingeordnet werden. Neben der Nutzung von Semantic-Web-Technologien und der Unterstützung eines individuellen EA-Modells bezieht sich der Ansatz auf die Analyse der EA selbst. Es wurden Betrachtungen der Abhängigkeiten und Konsistenzchecks als Beispiele genannt. Auf die Nutzung als Entscheidungsgrundlage auf Basis enthaltener Werte wird nicht eingegangen. Zu Ad-hoc-Auswertungen und dem Aufwand zur Definition von Abfragen wird keine Aussage getätigt.

Sunkle, Kulkarni und Roychoudhury [SKR13] präsentieren einen Ansatz, der ebenfalls auf Ontologien und Technologien des Semantic Web basiert sowie der EA-Analyse dient. In diesem Absatz wird der Ansatz basierend auf den Ausführungen in [SKR13] skizziert. Bezüglich der Analysen behandelt der Ansatz Change-Impact-Analysen und Abhängigkeitsanalysen. Als Basis dient eine EA-Ontologie, die ausgehend von ArchiMate erstellt wird. Dementsprechend gelten feste Annahmen über enthaltene Konzepte und Beziehungstypen. Die Ontologie wird dabei mittels OWL ausgedrückt, die Konzepte und Beziehungen von ArchiMate werden in entsprechende Klassen und Properties manuell umgesetzt. Für die Umsetzung der Change-Impact-Analysen kommt im Ansatz SPARQL zur Anwendung. Ausgehend von den fest angenommenen Beziehungen in ArchiMate werden in SPARQL Regeln definiert, wie sich Änderungen entlang der verschiedenen Beziehungsarten in der EA auswirken. Zum Beispiel wie sich das Entfernen eines Elements auf ein anderes Element auswirkt, wenn beide Elemente über eine bestimmte Art von Verbindung in Beziehung stehen. Entsprechend sind alle solchen Regeln zuvor formal zu beschreiben. Diese Regeln erzeugen bei ihrer Ausführung neue Statements, welche die implizierten Veränderungen wiedergeben. Auch die Abhängigkeiten zwischen Elementen werden im Ansatz mittels SPARQL ermittelt.[Zu diesem Absatz siehe SKR13]

Der Ansatz lässt sich wie folgt in die Tabelle 6.1 einordnen. Zunächst kann festgehalten werden, dass der Ansatz umfangreichen Gebrauch von den Semantic-Web-Technologien macht. Als EA-Metamodell wird ArchiMate zugrunde gelegt, worauf somit die Analysen fest ausgerichtet sind und wofür entsprechende Annahmen getroffen werden. Daher besteht eine stärkere Restriktion hinsichtlich des EA-Modells. Die Verfahren analysieren die EA direkt und fokussieren sich hierbei auf die strukturellen Zusammenhänge der EA. Verfahren zur Nutzung der EA als Informationsbasis für weitergehende Auswertungen werden nicht beschrieben. Zur Definition von Ad-hoc-Auswertungen wird keine Aussage getroffen. Die Definition der Analysen erfordern umfangreiche Kenntnisse von SPARQL, um diese initial zu definieren.

**Tabelle 6.1:** Übersicht EA-Analyseansätze mit Bezug zum Semantic Web

	Semantic Web	Flexibles EA-Modell	Analyse der EA selbst	Analyse der Werte in einer EA	Ad-hoc-Auswertungen	Wenig techn. Wissen notwendig
[PB18]	●	◐	●	○	○	○
[OLB15]	●	●	●	○	○	○
[Ant+15]	●	◐	●	○	.	.
[ACB16]	●	◐	●	●	.	○
[Ort+14]	●	●	●	○	.	○
[Che+13]	●	●	●	.	.	.
[SKR13]	●	○	●	○	.	○

● = vollständig; ◐ = mittel; ○ = nicht gegeben; . = unbekannt/ Angabe nicht möglich

### 6.2.2 EA-Analyseansätze ohne Bezug zu Technologien des Semantic Web

Neben den vorgestellten Ansätzen zur EA-Analyse auf Basis von Technologien des Semantic Web gibt es weitere Veröffentlichungen zur EA-Analyse, jedoch ohne Bezug zu diesen Technologien. Der Vollständigkeit halber sei auf einige ausgewählte Veröffentlichungen eingegangen. Auf eine ausführliche Darstellung sei jedoch bewusst verzichtet. Für eine bessere Vergleichbarkeit sind die Ansätze in der Tabelle 6.2 nach dem gleichen Schema wie zuvor eingeordnet.

Ein erster Ansatz stammt von *Jugel, Kehrer, Schweda* und *Zimmermann* [Jug+15]. Sie beschreiben die Möglichkeit, EA-Analysen auf einem zuvor entsprechend erstellten EA-Metamodell automatisiert durchzuführen. Die Analysen werden dazu in einer Programmiersprache vorab implementiert. Dabei sind die Analysen fest an das verwendete Metamodell gebunden. Zur Darstellung der Ergebnisse werden (interaktive) Visualisierungen verwendet. Die umgesetzte Analyse innerhalb der Veröffentlichung untersucht das redundante Vorhandensein von Informationssystemen für gleiche Geschäftsprozesse.[Zu diesem Absatz siehe Jug+15]

Der Ansatz ist mit seinen charakterisierenden Merkmalen in Tabelle 6.2 eingeordnet. Dieser Ansatz und auch die folgenden Ansätze in diesem Abschnitt setzen keine Technologien des Semantic Web ein. Der Ansatz beruht auf einem festen Metamodell, für das die Analysen vor ihrer Verwendung implementiert werden. Die betrachteten Analysen beziehen sich auf die EA selbst und fokussieren nicht auf die Nutzung der hinterlegten Werte für weitergehende Analysen. Die vorherige Implementierung der Auswertungen verhindert eine einfache Umsetzung von Ad-hoc-Auswertungen. Für die Implementierung der Auswertungen sind spezifische Kenntnisse erforderlich.

In Abschnitt 3.2.1 wurde bereits auf den Ansatz von *Närman, Buschle* und *Ekstedt* [NBE14] als Beleg für das Forschungsinteresse an Verfahren zur EA-Analyse eingegangen. Auf ihren Ausführungen basiert dieser Absatz. Ihrem Ansatz liegt ArchiMate als Metamodell zugrunde, verbunden mit entsprechenden Annahmen über vorhandene Konzepte und Beziehungen. Der Ansatz ermittelt für vier spezifische Aspekte jeweils die quantitativen Ergebnisse. Hierzu wird für jeden Aspekt ein entsprechendes Metamodell definiert, welches die benötigten Konzepte und Eigenschaften beinhaltet sowie mit dem gesamten Metamodell verbunden wird. Die Berechnungsformeln für die Ergebnisse des aktuellen Aspekts sind auf Basis des jeweiligen Metamodells fest definiert. Die Modelle sind geeignet zu überführen, um sie toolgestützt ausführen zu können.[Zu diesem Absatz siehe NBE14, S. 1088 ff.]

Für die Einordnung in die Tabelle 6.2 ist festzuhalten, dass kein flexibles Metamodell unterstützt wird. Es wird zudem nicht explizit auf die Nutzung zur Analyse der EA selbst eingegangen. Dennoch scheint der Ansatz geeignet, dies zu ermöglichen. Thematisiert wird die Auswertung der in der EA abgelegten Informationen, um die EA als Entscheidungsgrundlage zu nutzen. Ad-hoc-Auswertungen sind aufgrund des notwendigen Vorgehens nicht ohne Weiteres möglich. Für die Definition der Analysen sind technische Kenntnisse erforderlich.

Auch *Langermeier, Saad* und *Bauer* [LSB14] beschreiben einen Ansatz zur quantitativen Analyse einer EA, der auf Basis ihrer Ausführungen nachfolgend erläutert wird. Für die Analyse nutzen sie die in der EA abgelegten Informationen. Technologien des Semantic Web kommen dabei nicht zum Einsatz. Kernbestandteil des Ansatzes ist ein generisches, abstraktes EA-Metamodell. Es beinhaltet keine EA-spezifischen Konzepte, sondern sieht nur allgemein z. B. Knoten und Verbindungen vor. Gemäß Ansatz wird ein konkretes EA-Modell auf dieses generische Metamodell abgebildet. Die Analysen werden dann mittels des generischen Modells definiert. Zur Programmierung des jeweiligen Analyseverfahrens ist technisches Wissen erforderlich. Informationen und Werte werden dabei durch das Modell hindurch propagiert und auf verbundene Elemente übertragen. Da einfache Analysen nur Konzepte des generischen Modells nutzen, sind diese für andere konkrete EA-Modelle wiederverwendbar, die auch mit dem gleichen generischen Metamodell verbunden sind. Wobei Analysen mit Bezug zu konkreten EA-Modellelementen mehr manuellen Aufwand bei der Umsetzung erfordern, um diese bei der Berechnung zu berücksichtigen. Die Auswertungen sind stets vorab zu programmieren. Ein weiterer Aspekt ist die Beschränkung auf die Definition lediglich einfacher Mappings zwischen dem EA-Modell und dem generischen Metamodell.[Zu diesem Absatz siehe LSB14]

Auch dieser Ansatz ist in die Tabelle 6.2 einzuordnen. Durch das generische Metamodell kann ein flexibles EA-Modell genutzt werden. Wobei von einem konsistent definierten Gesamtmodell ausgegangen wird und nicht von zu verbindenden Einzelmodellen. Der Ansatz fokussiert auf das Szenario zur Analyse der hinterlegten Werte in der EA. Wobei auch Analysen der EA selbst möglich scheinen. Durch die vorherige Implementierung der Auswertungen sind Ad-hoc-Auswertungen nicht ohne Weiteres möglich. Während der Nutzung können die Auswertungen nicht beschrieben werden. Zur Implementierung ist Wissen in technischen Themen erforderlich.

*Ramos, Gomez, Sánchez* und *Villalobos* [Ram+14] präsentieren ebenfalls einen Analyseansatz für eine EA, der beruhend auf ihren Ausführungen in diesem Absatz beschrieben wird. Es wird mit ArchiMate ein konsistent definiertes Metamodell zugrunde gelegt. Verbunden damit sind Annahmen über das Vorhandensein von bestimmten Konzepten und Elementen sowie der allgemeinen Struktur. Die Implementierung der Analysen ist dann spezifisch an ArchiMate gebunden und erfordert technische Kenntnisse. Nach der Realisierung der Analysefunktionen können diese automatisiert ausgeführt werden. In der Veröffentlichung wird zudem ein Katalog von Analysefunktionen skizziert, in welchem je Funktion angegeben ist, welchen Informationsbedarf die Analyse besitzt. Hierbei werden auch quantitative Analysen benannt. [Zu diesem Absatz siehe Ram+14]

Zur Einordnung in die Tabelle 6.2 sind folgende Merkmale relevant. Mit ArchiMate wird ein festes Metamodell vorgegeben, sodass keine Flexibilität diesbezüglich besteht. Der Ansatz ermöglicht beide Analyseausrichtungen gleichermaßen. Durch die vorherige Realisierung der Analysefunktionen sind Ad-hoc-Auswertungen hingegen nicht Gegenstand der Betrachtung. Für die Realisierung ist technisches Wissen erforderlich.

Ein weiterer Ansatz zur Analyse einer EA ohne Nutzung von Semantic-Web-Technologien stammt von *Monahov, Reschenhofer* und *Matthes* [MRM13]. Auf ihren Erläuterungen beruht die nachfolgende Darstellung des Ansatzes. Sie adressieren mit ihrem Ansatz explizit die Beschreibung von Key Performance Indicators (KPIs) mit einer dedizierten Abfragesprache. Damit können entsprechende Werte berechnet werden, um etwa die Einhaltung bestimmter EAM-Ziele zu prüfen. Sie schlagen dafür eine eigene Sprache vor, mit der Modellabfragen beschrieben werden können. Zudem werden verschiedene Sprachbestandteile beschrieben. So handelt es sich um eine funktionale Sprache, die mit Funktionen entsprechend umgehen kann. Darüber hinaus stehen bestimmte Datentypen zur Verfügung, ebenso wie eine Reihe von Operatoren (Arithmetik, Vergleiche oder Abfragen). Modellelemente können dynamisch zugegriffen werden, ohne dass ein EA-Modell fest angenommen wird. [Zu diesem Absatz siehe MRM13]

Auch für diesen Ansatz erfolgt eine Einordnung in die Tabelle 6.2. Die eingeführte Abfragesprache bietet bereits eine Vereinfachung gegenüber sonstigen Implementierungen von Abfragen, die meist auf technischem Niveau ohne dedizierte Abfragesprache definiert sind. Dennoch erfordert auch diese Beschreibungssprache für KPIs eine technische Sachkenntnis, um die Auswertungen zu definieren und in der richtigen formalen Syntax zu beschreiben. So weist sie Ähnlichkeiten mit einer Skriptsprache auf. Es wird implizit von einem konsistenten, zusammenhängenden EA-Modell ausgegangen, welches als Informationsbasis bereits vorliegen muss. Teilmodelle werden nicht verbunden. Es scheinen beide Analyseausrichtungen möglich. Ad-hoc-Auswertungen sind zwar möglich, allerdings sind auch hier der Aufwand und das technische Wissen zur Definition entsprechender Abfragen zu beachten. Eine tiefe, technische Modellkenntnis ist zudem erforderlich, um im Code explizit auf die Modellelemente Bezug nehmen zu können.

Von *Iacob* und *Jonkers* [IJ06] wird ebenso ein Ansatz vorgestellt, der die quantitative Analyse einer EA zum Fokus hat. Basierend auf ihren Ausführungen wird der Ansatz nachfolgend

skizziert. Die Umsetzung des Ansatzes beschränkt sich auf drei festgelegte Aspekte, darunter die Auslastung (Workload) der beteiligten Elemente. Der Ansatz legt dabei ArchiMate zugrunde, wodurch bestimmte Modellelemente und Strukturen vorausgesetzt werden. Im Ansatz wird in einem ersten Schritt das EA-Modell normalisiert, Verbindungen vereinfacht und nicht benötigte Konzepte entfernt. Danach werden die spezifischen Werte in einem Top-down- und Bottom-up-Verfahren berechnet und im Modell propagiert, unter Beachtung des definierten Aufbaus vom EA-Modell. Die Berechnung ist somit explizit festgelegt. [Zu diesem Absatz siehe IJ06]

Auch dieser Ansatz ist in der Tabelle 6.2 eingeordnet. Wie zuvor kommen auch hier keine Technologien des Semantic Web zum Einsatz. Das EA-Modell basiert hingegen fest auf der ArchiMate-Beschreibung. Die Analyse erfolgt eingeschränkt auf drei definierte Aspekte. Die EA dient, durch die Auswertung der in der EA befindlichen Informationen, als Entscheidungsgrundlage. Die Analyse der EA selbst wird bei diesem Ansatz nicht explizit betrachtet. Ad-hoc-Auswertungen sind nicht durchführbar. Die Beschreibung und Umsetzung der Auswertungen erfordert einen bestimmten Aufwand und technisches Wissen zur Definition.

### 6.2.3 Zusammenfassende Betrachtung der EA-Analyseansätze

In diesem Abschnitt werden die vorgestellten Analyseansätze aus den beiden vorangegangenen Abschnitten zusammenfassend betrachtet.

Werden die Ansätze auf Basis der Technologien des Semantic Web (siehe Tabelle 6.1 in Abschnitt 6.2.1) mit den Ansätzen ohne Nutzung dieser Technologien (siehe Tabelle 6.2 in Abschnitt 6.2.2) verglichen, so fällt der Aspekt bezüglich der Unterstützung eines flexiblen EA-Modells auf. Während im ersten Fall die Ansätze überwiegend ein flexibles EA-Modell unterstützen, ist dies im zweiten Fall nur bei der Minderheit der betrachteten Ansätze gegeben. Überwiegend werden feste EA-Metamodelle (insbesondere ArchiMate) zugrunde gelegt sowie deren Konzepte und Strukturen fest bei der Umsetzung der Analysen berücksichtigt. Dies verdeutlicht, dass die Technologien des Semantic Web die Verwendung eines flexiblen Modells begünstigen können.

Bei den Ansätzen mit Verwendung der Technologien des Semantic Web stellt die Unterstützung von Auswertungen, der in einer EA vorliegenden Werte (z. B. quantitative Daten), eine Ausnahme dar. Unter den betrachteten Ansätzen hat dies nur ein Ansatz ermöglicht. Jedoch sind bei diesem Ansatz die Analysen der dokumentierten Werte vergleichsweise einfach aufgebaut. Es dominieren hingegen Ansätze, welche lediglich die EA selbst analysieren, z. B. in Form von Abhängigkeitsanalysen.

**Tabelle 6.2:** Übersicht EA-Analyseansätze ohne Bezug zum Semantic Web

	Semantic Web	Flexibles EA-Modell	Analyse der EA selbst	Analyse der Werte in einer EA	Ad-hoc-Auswertungen	Wenig techn. Wissen notwendig
[Jug+15]	○	○	●	○	○	○
[NBE14]	○	○	●	●	○	○
[LSB14]	○	●	●	●	○	○
[Ram+14]	○	○	●	●	○	○
[MRM13]	○	●	●	●	●	●
[IJ06]	○	○	.	●	○	○

● = vollständig; ● = mittel; ○ = nicht gegeben; . = unbekannt/ Angabe nicht möglich

Bei der zweiten Gruppe der Ansätze, also denen ohne Nutzung der Semantic-Web-Technologien, wurden solche Ansätze bei der Recherche bevorzugt ausgewählt und betrachtet, welche eine Analyse auf Basis der enthaltenen Informationen unterstützen. Die gezielte Auswahl ist möglich und notwendig, da es hinsichtlich EA-Analyseverfahren ohne Einsatz der Technologien des Semantic Web eine größere Auswahl gibt, als bei Ansätzen auf Basis dieser Technologien. Obgleich wie erwähnt EA-Analysen insgesamt weniger im Fokus stehen, verglichen mit der reinen Modellierung (siehe Abschnitt 3.2.1). Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf dieser zweiten Analyseart liegt, sind diese Verfahren somit thematisch relevanter. In der Gesamtmenge der recherchierten Ansätze überwiegen jedoch die Vertreter, die lediglich die EA selbst analysieren, ohne die enthaltenen Werte zu berücksichtigen. Hierauf wurde auch bereits in Abschnitt 6.1 hingewiesen. Ein mengenmäßiger Vergleich zwischen Ansätzen mit und ohne Verwendung der Semantic-Web-Technologien ist für diesen Aspekt, ausgehend von den Tabellen 6.1 und 6.2, nicht angestrebt und nicht zulässig.

Ad-hoc-Auswertungen werden in beiden Gruppen nur eingeschränkt ermöglicht. Das wäre jedoch relevant, um den Benutzern auch die spontane Definition von Analysen zu ermöglichen. Dies ist der Fall, wenn z. B. Analysen situativ durch aktuelle Fragestellungen erforderlich wären (vgl. Abschnitte 2.1.2.2 und 3.2.1).

Bei beiden Gruppen von Ansätzen fällt ebenfalls auf, dass Beschreibung und Umsetzung der Auswertungen in der Regel aufwendig sind und mittlere bis tiefe technische Kenntnisse erforderlich sind. Im Fall der Semantic-Web-Ansätze sind auch tiefe Kenntnisse über die Ontologien für die Metamodelle und Teilmodelle sowie deren Zusammenhänge erforderlich, um entsprechende Abfragen in SPARQL fest definieren zu können.

Es sei festgehalten, dass die Vorzüge eines flexiblen Modells durch die Ansätze auf Basis der Technologien des Semantic Web realisiert werden können. Gleichwohl besteht bei ihnen eine geringe Unterstützung von Analysen auf Basis der in einer EA enthaltenen Informationen. Ebenso kann eine generelle Lücke bezüglich der einfachen Beschreibung und Umsetzung einer Auswertung erkannt werden. Es wäre aus Praxissicht wünschenswert, dass solche Auswertungen auch von fachlichen Beteiligten oder Mitarbeitern ohne spezielle technische Kenntnisse in z. B. SPARQL definiert und verwendet werden können. Dies kann sich eventuell auch positiv auf die Kommunikation des EA-Nutzens und die Akzeptanz der EA-Initiative auswirken (vgl. Abschnitt 5.1). Gleichzeitig erscheint eine Entkopplung der Anfragen von den darunterliegenden Schemata und Strukturen geeignet, um die Flexibilität zu erhöhen.

Ferner kann festgehalten werden, dass ein offener Punkt darin besteht, die Auswertungen während der Nutzung der EA beschreiben zu können. In der Regel müssen diese bisher vorab fest eingebunden werden.

### **6.3 Herausforderungen beim Ableiten des Handlungsbedarfs in einem bestimmten Kontext**

Bei der Betrachtung von EA-Analysen im Allgemeinen wurde bereits in Abschnitt 3.3 die Relevanz von Analysen zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen herausgearbeitet. Aus Praxissicht stellt dies einen relevanten Anwendungsfall für eine EA dar. Es gibt hierzu wie erläutert verschiedene Verfahren, Techniken und Vorgehen, mit denen diese Ableitung adressiert werden kann (vgl. Kapitel 3). Allerdings dominieren isolierte Analysen einzelner Bereiche, wodurch keine tief gehende, ganzheitliche Betrachtung direkt in einem Analyseschritt möglich ist. Die Auswertungen lassen dadurch nur Aussagen für einen begrenzten Bereich zu (siehe Abschnitt 3.2.1).

So werden etwa isoliert Abhängigkeitsanalysen durchgeführt, aber nicht mit anderen Aspekten kombiniert betrachtet. Oder es erfolgt eine getrennte Betrachtung nur von Prozessen.

Zudem erfolgen die Analysen primär auf den abstrahierten Daten einer EA (siehe Abschnitt 5.2.1), sodass für die Nutzung detaillierter Informationen eine gesonderte, nachgelagerte Detailanalyse in einem anderen Werkzeug durchzuführen ist.

Die domänenspezifischen Methoden haben in jedem Fall ihre Berechtigung. Jedoch bietet die Verwendung einer EA die Chance, Aspekte übergreifend zu betrachten. Die Sammlung traditioneller Methoden, die etwa aus dem Prozessmanagement oder IT-Management stammen, sollte daher um ganzheitliche Methoden ergänzt werden.

Das Ziel ist somit einen Handlungsbedarf aus einer übergreifenden Unternehmenssicht abzuleiten und nicht etwa basierend auf einem lokal begrenzten Betrachtungsbereich.

Die Arbeit im Projektportfoliomanagement beginnt wie erläutert (siehe Abschnitte 3.2.1 und 3.3), generell mit einer Menge existierender Projektvorschläge, die anschließend einzeln bewertet werden. Der Schritt davor, die Vorschläge abzuleiten oder die Identifikation zu begleiten, wird weniger betrachtet. Gerade diese Identifikation kann durch EA-Analysen geführt und systematisch unterstützt werden.

Auch aus diesem Grund fokussiert die vorliegende Arbeit auf den Anwendungsfall einer EA, zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen für einen festzulegenden Kontext. Für diesen Kontext soll bezüglich der betrachteten Elemente jeweils ein möglicher Handlungsbedarf geprüft werden. Der Kontext kann durch die jeweils zugrunde liegenden Auswertungen bestimmt werden. Damit ist die Analyse nicht auf einen kleinen, festgelegten Bereich beschränkt, sondern sie ist allgemein anwendbar. Somit lassen sich entsprechende Handlungsfelder für den jeweils betrachteten Kontext aufzeigen. Die Arbeit behandelt jedoch nicht die Bewertung von gesammelten Projekten, wie es im Rahmen des Projektportfoliomanagements [Vgl. hierzu Sei11, S. 9-10] durchgeführt wird. Dazu gibt es etablierte Verfahren.

Allerdings spielt bereits die Priorisierung des abgeleiteten Handlungsbedarfs eine zentrale Rolle. Wie in Abschnitt 3.3 mit Verweis auf [Siehe Nie05, S. 146-154] festgehalten wurde, ist eine Priorisierung für die Entscheidung über durchzuführende Veränderungen erforderlich. Jedoch ist bei bestehenden Verfahren nicht immer gewährleistet, dass sie neben der Ableitung möglicher Handlungsfelder, auch eine Rangfolge liefern, in welcher die Handlungsfelder anzugehen wären. So bieten Verfahren auf Basis von Elementzuordnungen, wie die im Abschnitt 3.2.1 gezeigten Verfahren, oftmals keine ausreichende Hilfestellung bei der Priorisierung.

Außerdem wurden in Abschnitt 3.2.3 Kennzahlen dargestellt, die bereits als Grundlage für übergreifende, kombinierte Analysen nutzbar sind. Insofern kann auf etablierte Kennzahlen zurückgegriffen werden.

In Abschnitt 3.2.1 wurde allerdings bereits auf [Siehe Lan13, S. 194] verwiesen, wonach die Werkzeugunterstützung, insbesondere zur quantitativen Analyse, im Vergleich zur Werkzeugunterstützung bezüglich der Modellierung, geringer ausgeprägt ist.

Somit besteht hier Potenzial für einen Ansatz, der auch Analysen auf detaillierterem Niveau ermöglicht, übergreifend über verschiedene EA-Teilmodelle. Da die Unterstützung durch entsprechende Werkzeuge in diesem Bereich noch sehr begrenzt ist, sind auch Aspekte einer toolgestützten Verwendung relevant. Dies erleichtert naturgemäß die Anwendbarkeit in der Praxis. Zumal auch die Vorstellung konkreter EA-Analyseansätze in Abschnitt 6.2 eine entsprechende Lücke aufzeigte. So ist die Definition von Auswertungen oftmals mit tiefem, technischem Wissen verbunden. Fachlich orientierten Mitarbeitern ist somit die Verwendung nicht ohne Weiteres möglich, um etwa selbstständig Auswertungen zu definieren und durchzuführen, oder diese zumindest fachlich verifizieren zu können.

Die Unterstützung flexibler Modelle ist besonders bei den Ansätzen auf Basis von Technologien des Semantic Web gegeben (siehe Abschnitt 6.2.1). Wohingegen als Analysefähigkeit überwiegt, dass die EA als Gegenstand selbst analysiert wird. Verfahren hingegen, welche die in einer EA enthaltenen Informationen als Grundlage für weitergehende Analysen verwenden, sind die Ausnahme in der Menge der Ansätze. Somit ist es eine weitere Herausforderung, solche Analysen zu ermöglichen.

Daneben ergab die Betrachtung der Ansätze in Abschnitt 6.2 im Allgemeinen auch ein Potenzial hinsichtlich der Durchführung von Ad-hoc-Auswertungen.

Außerdem besteht ein Forschungsbedarf dahin gehend, wie lose gekoppelte oder unabhängige Domänenmodelle zur Analyse vereint werden können [Siehe SS16]. Bestehende Verfahren nehmen in der Regel eine weitgehende Vernetzung oder ein bestimmtes, zugrunde liegendes EA-Metamodell als gegeben an, wie die Betrachtung in Abschnitt 6.2 verdeutlicht.

Diesbezüglich findet sich etwa in [Siehe HMR12, S. 37] eine Einschätzung, dass Analysen nicht zu stark an das Metamodell gebunden sein sollten, damit sie auch dann nutzbar bleiben, wenn sich das Metamodell ändern sollte. Dies zu berücksichtigen stellt eine weitere Herausforderung dar.

Zusammenfassend betrachtet kann festgehalten werden, dass die Ableitung des Bedarfs an Handlungen als Ausgangspunkt für nachfolgende Tätigkeiten ein wichtiges Gebiet für Forschung und Praxis darstellt. Eine EA bietet hierzu die Möglichkeit der ganzheitlichen Betrachtung. Gleichwohl bestehen Herausforderungen, die in diesem Abschnitt betrachtet wurden.

## **6.4 Ableitung des Bedarfs an Handlungen im Qualitätsmanagement bei Dienstleistungen**

Es wurde im vorangegangenen Abschnitt 6.3 auf die Relevanz von Methoden zur Identifikation eines Bedarfs an Handlungen, ausgehend von einer EA, eingegangen. Gleichzeitig ermöglicht eine EA die ganzheitliche Betrachtung dieser Aspekte, um den Handlungsbedarf aus Gesamt-sicht abzuleiten und zu bewerten. Es wurde jedoch auch festgestellt, dass ein systematisches Schema für die Ermittlung des Bedarfs und der jeweiligen Priorisierung in der Regel nicht als gegeben vorausgesetzt werden kann.

Aus diesem Grund wurde für die vorliegende Arbeit das Blickfeld, über den Bereich der klassischen Methoden im EA-Kontext hinaus, auf andere Disziplinen erweitert. Gesucht ist eine angemessene Methode, welche sich ausdrücklich mit der Ableitung und Priorisierung von Handlungsfeldern beschäftigt.

Hierbei rückt das Qualitätsmanagement im Dienstleistungsumfeld in das Blickfeld. Es haben sich dort Verfahren etabliert, die vielfach zur Messung der Dienstleistungsqualität eingesetzt werden und auch die Ableitung eines Bedarfs an Handlungen ermöglichen. Es erscheint daher lohnend, diesen Bereich näher zu betrachten. Der Abschnitt 6.4.1 führt hierzu zunächst in die Thematik der Dienstleistungsqualität ein. Es ist unter anderem eine Methode vorhanden, die zwar nicht für den EA-Einsatz entwickelt wurde, aber relevante Merkmale für die angestrebte Analyse bietet. Die Methode wird nachfolgend in zwei Ausprägungen präsentiert, einerseits als grafisches Instrument in Form einer Matrix (siehe Abschnitt 6.4.2) und andererseits als Rating (siehe Abschnitt 6.4.3).

### 6.4.1 Dienstleistungen und deren Qualität

Im Zentrum der nachfolgenden Betrachtung stehen Dienstleistungen. Nach *Meffert, Bruhn* und *Hadwich* [MBH15] bezeichnen Dienstleistungen bzw. Services solche Leistungen, die ein Anbieter offeriert und welche aus bestimmten Faktoren kombiniert werden. Eine Dienstleistung sei dabei eine bestimmte, durchgeführte Handlung. Ihr Einsatz erfolge zielgerichtet und solle eine bestimmte Wirkung erzielen.[Siehe MBH15, S. 14]

Eine Eigenschaft ist in der Regel, dass Dienstleistungen immateriell sind [Siehe Bru13, S. 22]. Beispiele für Dienstleistungsunternehmen sind Banken und Versicherungen. Das Spektrum ist jedoch weit gefasst [Vgl. Bru13, S. 21 ff.]. Zudem sind verschiedene Definitionen denkbar [Stellvertretend vgl. MBH15, S. 12-13]. Das obige Verständnis einer Dienstleistung ist jedoch für die vorliegende Arbeit ausreichend, sodass hierauf nicht näher eingegangen werden soll.

Die Qualität der angebotenen Dienstleistung spielt mit dem Blick auf den Kunden eine zentrale Rolle. Über die reine Erfüllung des Zwecks hinaus stellt der Kunde oftmals weitere Anforderungen an eine Dienstleistung, wodurch sich deren Qualität ergibt [Vgl. Bru13, S. 33].

Mit Bezug auf *Bruhn* [Bru00] und *Bruhn* [Bru13] lässt sich somit ausgehend vom Kunden das folgende Verständnis zum Begriff der Dienstleistungsqualität formulieren. Ein Kunde stellt verschiedene Anforderungen an eine Dienstleistung und verbindet damit jeweils eine bestimmte Anspruchshaltung, welche die Dienstleistung erfüllen sollte. Die Dienstleistung, und damit deren Qualität, ist selten eindimensional. Sie besteht aus verschiedenen Merkmalen und Eigenschaften.[Siehe Bru00, S. 25-28; Siehe Bru13, S. 33-34]

Das Wissen um die Qualitätsbewertung einer Dienstleistung stellt eine wichtige Information für den Leistungsanbieter dar. Insofern werden adäquate Messverfahren benötigt, wie sie etwa im Marketing entwickelt wurden [Vgl. Bru13, S. 115 ff.].

Eine detaillierte Klassifizierung solcher Messverfahren wird in *Hentschel* [Hen00] beschrieben, auf dessen Erläuterungen der folgende Absatz beruht. Die Klassifizierung berücksichtigt dabei den Standpunkt des Qualitätsurteils (Unternehmen oder Kunde), den Detailgrad der Betrachtung, die Art der Einschätzung (subjektiv oder objektiv) sowie die Ausrichtung der Betrachtung (Stärken und/oder Schwächen). Da die vorliegende Arbeit auf die Ableitung des Bedarfs an Handlungen abzielt, wohlgerichtet im EA-Umfeld, ist der Bereich jener Verfahren relevant, die sich sowohl auf Stärken als auch auf Schwächen eines Betrachtungsobjekts konzentrieren. Nach [Hen00] ist kennzeichnend für Verfahren dieser Kategorie, dass die Qualität aus der Sicht des Kunden beurteilt wird. Auch wird meist nicht nur eine übergreifende Qualitätsbewertung erhoben, sondern die Qualitäten jeweils für einzelne Merkmale der Dienstleistung. Die Merkmale werden dabei meist auf Basis subjektiver Einschätzungen gemessen. Ziel ist dann die Identifikation und Behebung von Qualitätsproblemen oder der Ausbau der Dienstleistungsstärken. Zu den Verfahren dieses Bereichs zählen auch die *multiattributiven Messverfahren*. Bei diesen Verfahren setzt sich die Gesamtaussage zur Qualität aus den Qualitätsbeurteilungen einzelner Merkmale zusammen.[Zu diesem Absatz siehe Hen00, S. 294-297]

Nach *Kroeber-Riel* und *Gröppel-Klein* [KG13] sind einzelne Qualitätsbeurteilungen von Merkmalen eventuell schwierig zu erheben, insbesondere wenn diese auf subjektiven Einstellungen beruhen. Hierfür erfolgt dann die Verwendung von Indikatoren, die messbar sind und eine gewisse Nähe zu dem Kontext der jeweiligen Einstellung aufweisen. Beispiele für Erhebungen sind Befragungen, Beobachtungen oder tatsächliche Messungen.[Zu diesem Absatz siehe KG13, S. 263 ff.]

Nach [Siehe Hen00, S. 297] ergibt sich die Beurteilung einer Dienstleistung durch einen Kunden anhand einer funktionalen Kombination der individuellen Qualitätsbeurteilungen des

Kunden zu einzelnen Merkmalen der Dienstleistung. Die hierzu aus [Siehe Hen00, S. 297] übernommene Formel mit den dort genannten Parametererläuterungen lautet:

$$Q_{ij} = f(M_{ij1}, M_{ij2}, \dots, M_{ijn}) \quad (6.1)$$

mit:

$Q_{ij}$  : Globales Qualitätsurteil des Konsumenten  $i$  bezüglich Leistung  $j$

$M_{ijk}$  : Beurteilung des Qualitätsmerkmals  $k$  bei Leistung  $j$  durch den Konsumenten  $i$   
( $k = 1, \dots, n$ ) [Hen00, S. 297].

Es existieren verschiedene Verfahren, welche die allgemeine Vorschrift aus Formel (6.1) konkretisieren und sich im Wesentlichen durch ihre zugrunde liegenden Annahmen und somit die Art unterscheiden, wie einzelne Beurteilungen der Qualitätsmerkmale berechnet werden (hier:  $M_{ijk}$ ) [Siehe KG13, S. 273 ff.].

Es können u. a. zwei Modellkategorien unterschieden werden, wie etwa *Kroeber-Riel* und *Gröppel-Klein* [KG13] prägnant erläutern. Ihre Erläuterungen sind die Basis der nachfolgenden Darstellung in diesem Absatz. Demnach existieren sogenannte *kompensatorische Modelle*, bei denen sich gute und schlechte Qualitätsbeurteilungen einzelner Merkmale ausgleichen können. Bei den sogenannten *nicht-kompensatorischen Modellen* können sich keine Qualitätsbeurteilungen einzelner Merkmale ausgleichen. Vielmehr müssen die Qualitätsbeurteilungen aller Merkmale mindestens die vom Kunden erwartete Anspruchshaltung erfüllen, da schon bei einer negativen Beurteilung die Gesamtbeurteilung insgesamt negativ wäre. In der Regel werden kompensatorische Modelle verwendet.[Zu diesem Absatz siehe KG13, S. 404-405; Ergänzend vgl. Hen00, S. 297-298]

Weitere Varianten bestehen darin, ob ausschließlich der Eindruck bezüglich des Merkmals erhoben wird oder auch die Bedeutung, welche das Merkmal subjektiv für den Konsumenten besitzt [Siehe Hen00, S. 298 ff.; Siehe Bru13, S. 128 ff.]. Die Aufteilung in Eindruck und Bedeutung ermöglicht differenzierte Auswertungen, zumal die Erhebung bei direkter Abfrage vergleichsweise wenig Aufwand erfordert [Siehe Hen00, S. 301-305]. Auf Verfahren mit dieser Aufteilung wird nachfolgend im Besonderen eingegangen.

Zusätzlich erfolgt durch *Andreasen* [And77] die explizite Unterscheidung in die beiden Konzepte *Satisfaction (Zufriedenheit)* und *Dissatisfaction (Unzufriedenheit)*. So stehen oftmals Werte der Zufriedenheit im Vordergrund von Messungen. Das Ziel ist dabei häufig, die Zufriedenheit zu maximieren. Daneben kann explizit die Unzufriedenheit als zweite Ausprägung betrachtet werden, etwa als Basis für das Ziel einer Minimierung der Unzufriedenheit. Für die Messung sind dann wiederum subjektiv erfragte Einschätzungen oder objektiv ermittelte Werte relevant, die unabhängig von subjektiven Einflüssen oder veränderten Erwartungen sind.[Zu diesem Absatz siehe And77, S. 11-13]

Eine Erweiterung des Blickfeldes erfolgt durch *Fontenot, Henke* und *Carson* [FHC05], die auf die Möglichkeiten hinweisen, Maßnahmen für das Unternehmen durch Auswertungen der Werte für die Zufriedenheit bzw. Unzufriedenheit von Kunden (eventuell ergänzt um die Bedeutung) abzuleiten. Entsprechende Analysen helfen demzufolge dabei, notwendige Verbesserungen bzw. Strategien zu ermitteln und über deren Umsetzung zu entscheiden. Sie schlagen die Bevorzugung von Verfahren vor, bei denen explizit die Bedeutung berücksichtigt wird. Denn sie hilft bei der Priorisierung der Maßnahmen, da andernfalls nur auf Basis des Zufriedenheitswertes entschieden werden könnte.[Zu diesem Absatz siehe FHC05]

Die Ausführungen in diesem Abschnitt zeigen auf, dass Qualitätsbetrachtungen im Kontext von Dienstleistungen etabliert sind. Die Methoden können als erprobt und breit untersucht angesehen werden.

#### 6.4.2 Importance-Performance-Analyse-Matrix (IPA-Matrix)

Eine verbreitete Methode im Marketing ist die von *Martilla* und *James* [MJ77] beschriebene Importance-Performance-Analyse (IPA). Die Methode nutzt die Bedeutung („Importance“) und den Eindruck von der Leistung („Performance“) als die zwei zentralen Betrachtungsdimensionen bezüglich der relevanten Attribute einer Dienstleistung [Siehe MJ77, S. 77-79]. Da häufig die Kundenzufriedenheit (Satisfaction) anstelle der Performance verwendet wird, existiert eine ähnliche Benennung als Importance-Satisfaction-Analyse [Siehe GHN92, S. 8].

*Martilla* und *James* [MJ77] stellen heraus, dass ihr Verfahren bewusst leicht anwendbar und verständlich sein soll. Ziel sei es demnach, strategische Maßnahmen abzuleiten, die ein Unternehmen bezüglich seiner Marketinginstrumente (also z. B. Preis, Leistung, Kommunikation [Vgl. MBH15, S. 190 ff.]) angehen sollte. Gleichzeitig könne das Verfahren identifizieren, wo möglicherweise mehr Ressourcen eingesetzt werden, als es erforderlich sei. [Siehe MJ77, S. 79]

In [Siehe HR85, S. 20] wird unterstrichen, dass die gemeinsame Betrachtung von Importance- und Performance-Werten ein Vorzug der IPA ist, da Veränderungsbedarf identifiziert werden kann und zudem Priorisierungen durchgeführt werden können.

Auch *Graf*, *Hemmasi* und *Nielsen* [GHN92] unterstreichen die einfache Anwendbarkeit des Verfahrens und stellen zudem heraus, dass verschiedenartig erhobene Daten (u. a. Fragebögen, Interviews) verwendet werden können. Weiterhin heben sie hervor, dass ein Handlungsbedarf mit vergleichsweise wenig Aufwand frühzeitig identifiziert und priorisiert werden kann. Gleichfalls können Maßnahmen in Bereichen vermieden werden, wo ein Engagement keinen großen Nutzen bringen würde. Dabei wenden sie die Methode nicht nach außen gerichtet, zur Ableitung von Aussagen zu den Marketinginstrumenten, an. Stattdessen betrachten sie nach innen gerichtet, wo sich ausgehend von der Zufriedenheit der Mitarbeiter eventuell notwendige Veränderungen der Organisation ableiten lassen. [Zu diesem Absatz siehe GHN92, S. 8-12] Die Methode hat somit auch über das klassische Marketing hinaus eine große Relevanz.

Wichtiger Ausgangspunkt für die IPA ist gemäß *Martilla* und *James* [MJ77] die Sammlung der relevanten Attribute, nach denen etwa ein Kunde das Angebot eines Unternehmens beurteilen würde. Als Quellen für die Attribute werden Literaturrecherchen, vorherige Untersuchungen oder Vorab-Interviews genannt. Anschließend erfolgt pro Attribut die Befragung von Personen und damit die Erhebung der Beurteilungen sowohl der Wichtigkeit als auch der Leistung. Auf dieser Basis werden im nächsten Schritt pro Attribut jeweils die Mittelwerte (arithmetisches Mittel) für den Importance-Wert und für den Performance-Wert gebildet. [Zu diesem Absatz siehe MJ77, S. 77-79]

Entsprechende Skalen für die Befragungen sind dabei im Vorwege analog zu anderen Marketingumfragen festzulegen [Vgl. HR85, S. 20].

Zur Ableitung von strategischen Maßnahmen wird in [MJ77] eine Matrix-Darstellung (im englischen Original: Grid) beschrieben, was in diesem Abschnitt mit der Importance-Performance-Analyse-Matrix (IPA-Matrix) bezeichnet wird. Daneben können der Grundgedanke und die Informationen auch für ein Berechnungsverfahren verwendet werden, wie es im folgenden Abschnitt 6.4.3 erläutert wird.

Die Matrix beinhaltet gemäß [MJ77] vier Quadranten. Die erste Achse ist die Importance bzw. Bedeutung, die zweite Achse ist die Performance bzw. Leistung. Abbildung 6.2 gibt diese

Aufteilung in Form einer Matrix gemäß der Darstellung von [Siehe MJ77, S. 78] wieder. Der Ansatz benennt zu jedem Quadranten die strategischen Implikationen für darin liegende Attribute. Absolute Werte für die Grenzen werden nicht vorgegeben, da die Aufteilung individuell festzulegen ist. Der Grund dafür ist, dass die Bewertungen relativ gesehen werden. Die jeweilige Mitte der Achse kann ein möglicher Ausgangspunkt sein. [Zu diesem Absatz siehe MJ77, S. 77-79]

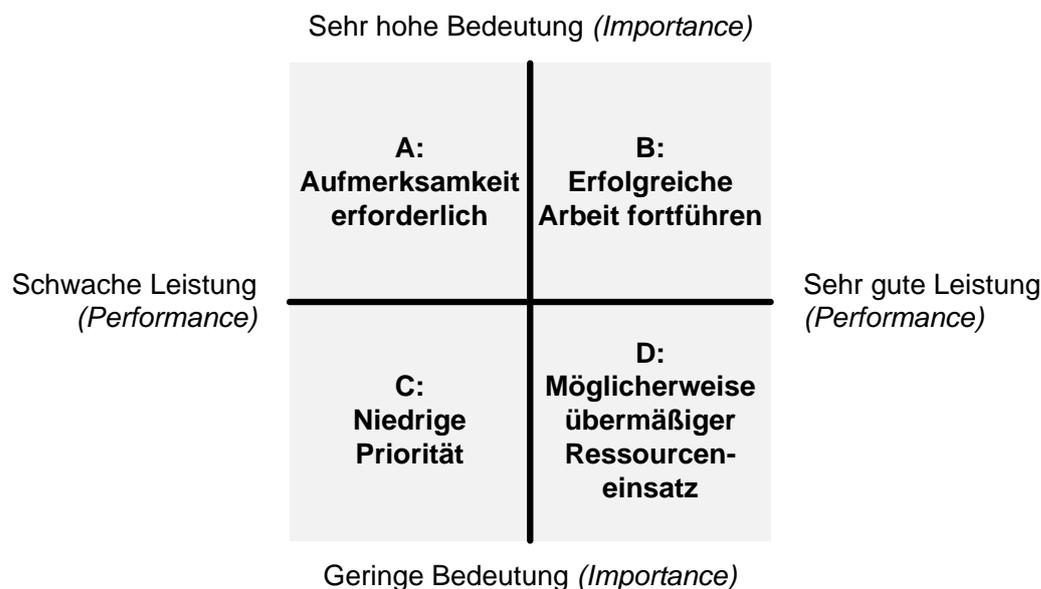


Abbildung 6.2: IPA-Matrix mit vier Quadranten (Quelle: Nach [MJ77, S. 78])

Die nachfolgende Beschreibung der vier Quadranten beruht auf den Erläuterungen in [Siehe MJ77, S. 78]:

**Quadrant A - Aufmerksamkeit erforderlich** Attribute in diesem Quadranten sollten aufmerksam angegangen werden, da die Importance hoch und die Performance niedrig ist.

**Quadrant B - Erfolgreiche Arbeit fortführen** In diesem Quadranten sind keine Veränderungsmaßnahmen zwingend notwendig, da die Performance gut beurteilt wird und gleichzeitig die Importance hoch ist. Die bisherige Arbeit sollte fortgesetzt werden.

**Quadrant C - Niedrige Priorität** Die Performance und die Importance werden beide als niedrig beurteilt, sodass keine dringenden Maßnahmen unmittelbar erforderlich sind.

**Quadrant D - Möglicherweise übermäßiger Ressourceneinsatz** Die Performance wird für diese Attribute hoch bewertet, jedoch bewerten die Kunden die Importance als niedrig. Folglich werden eventuell unnötig viele Ressourcen aufgewendet, die reduziert werden können. Wobei es hingegen durchaus angebracht sein könnte, den Ressourceneinsatz dennoch nicht zu reduzieren. Dies müsste gezielt betrachtet werden.

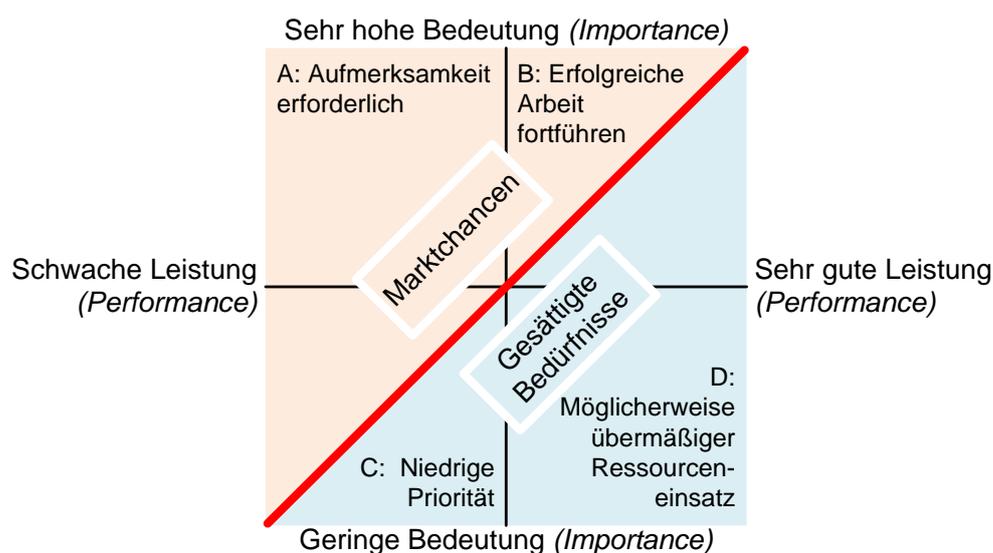
Die Attribute in den Quadranten A und D, also die mit den größten Unterschieden zwischen der Importance und der Performance, sind nach [Siehe MJ77, S. 79] am dringendsten zu berücksichtigen.

*Sethna* [Set15] bestätigt empirisch, dass das Verhältnis zwischen der Importance und der Performance als Grundlage für Entscheidungen über zu tätige Maßnahmen dienen kann. Es

seien dort Maßnahmen dringend erforderlich, wo zwischen der Importance und der Performance die Differenzen am größten ausfielen, da dann der Handlungsbedarf groß sei.[Siehe Set15]

Zur IPA und der Anwendung der Matrix gibt es viele dokumentierte Einsätze im Bereich des Marketings. Beispiele sind stellvertretend die Automobilbranche [Vgl. MJ77], das Gesundheitswesen [Vgl. HR85] sowie Anwendungen im Bereich Tourismus [Vgl. SV13].

Es wurden verschiedene Erweiterungen der klassischen IPA-Matrix veröffentlicht. In diesem Absatz wird eine Erweiterung vorgestellt, die von *Hawes* und *Rao* [HR85] eingeführt wurde. Sie geben vor, dass sich die Achsen stets in ihren Mittelpunkt schneiden sollen. Zudem führen sie eine Diagonale ein, welche durch die Punkte „niedrige Importance - niedrige Performance“ (Quadrant C) und „hohe Importance - hohe Performance“ (Quadrant B) sowie den Achsen-schnittpunkt verläuft. Demzufolge ergeben sich für ein Attribut drei strategische Optionen. Bei Punkten oberhalb der Diagonalen steht die Performance hinter der Importance zurück, sodass dort ungenutzte Marktchancen bestehen. Punkte unterhalb der Diagonalen repräsentieren sogenannte gesättigte Bedürfnisse, sodass keine Marktvorteile erwartet werden. Punkte auf der Linie haben ein ausgewogenes Verhältnis von Importance und Performance.[Zu diesem Absatz siehe HR85, S. 20-21] Die erweiterte Matrix nach [Siehe HR85, S. 21] ist in Abbildung 6.3 dargestellt.



**Abbildung 6.3:** IPA-Matrix ergänzt um eine diagonale Trennlinie zur Strategiewahl (Quelle: Nach [HR85, S. 21])

Es gibt daneben weitere Ansätze, welche die Aufteilung der klassischen IPA-Matrix ergänzen oder modifizieren. Ein Beispiel ist hierbei die Untersuchung von *Slack* [Sla94], wo ebenfalls eine Diagonale abgeleitet wird, die aber verschoben sein kann und dadurch eine gewisse Mindest-Performance vorgibt. Daneben deuten die von der Diagonale weit entfernt liegenden Bereiche jeweils eine Abstufung bei der Dringlichkeit für Handlungen an. Der Ansatz versucht, Priorisierungen von Verbesserungen genauer anhand der Beziehung der beiden Werte Importance und Performance erklären zu können.[Siehe Sla94, S. 67-74]

Insgesamt fällt auf, dass die IPA vielfach eingesetzt und deren Aussagen auch empirisch belegt wurden. Hinsichtlich der Identifikation und Priorisierung von Maßnahmen gibt es hingegen alternative Ausprägungen, welche die Entscheidungssituation differenzierter und präziser abzubilden versuchen.

*Bacon* [Bac03] hat im Rahmen einer Untersuchung mehrere IPA-Varianten betrachtet. Dieser Absatz beruht auf den Ausführungen der Untersuchung und skizziert die wesentlichen Erkennt-

nisse. So betrachtet die Studie, inwieweit die IPA-Varianten die Meinungen der Kunden korrekt abbilden und dadurch Entscheidungen über Maßnahmen geeignet unterstützen. Ein Kritikpunkt bei Ansätzen mit ausschließlicher Nutzung der Quadranten ist, dass sich die strategische Implikation stark ändere, auch wenn sich die Position des Attributes nur minimal von einem Quadranten in einen anderen verschiebe. Als ein Fazit der Untersuchung ergibt sich, dass Ansätze mit Einsatz einer Diagonalen besser zur Ableitung von Maßnahmen und deren Prioritäten geeignet sind. Eine weitere Empfehlung ist die direkte Abfrage der Importance-Einschätzungen anstelle von indirekt ermittelten Werten.[Zu diesem Absatz siehe Bac03, S. 55-59, 65-69]

Um die sich im Zeitverlauf verändernden Einschätzungen der Kunden berücksichtigen zu können, kann die IPA wiederholt angewendet werden [Siehe Bru13, S. 127].

### 6.4.3 Importance-Performance-Analyse-Rating (IPA-Rating)

Die visuelle Darstellung der Attribute in einer Matrix auf Basis der Importance- und Performance-Beurteilungen ist wie gesehen ein recht einfaches Verfahren. Durch die Positionierung können Handlungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Eine genauere Analyse ist darüber hinaus möglich, wenn statt der grafischen Darstellung eine Berechnung von Werten für die Attribute erfolgen würde. Eine einfache Berechnung wird in [Siehe Set15, S. 327] beschrieben, indem die Differenz aus Importance-Wert und Performance-Wert gebildet wird. Dies wird in [Siehe FHC05, S. 41] und anderen Quellen als Gap-Analyse bezeichnet. In [Siehe Van+13] erfolgt der Einsatz dieser Methode, um anhand festgelegter Attribute die Zufriedenheit der Nutzer mit Informationssystemen zu erheben.

Hierbei wird der Importance-Wert als das Niveau aufgefasst, was ein Kunde an Leistung erwartet, sodass große Differenzen auf einen dringenden Handlungsbedarf hindeuten [Siehe FHC05, S. 41-42]. Demgegenüber sieht [Siehe Bac03, S. 59] die Ausdrucksstärke eingeschränkt, falls die beiden Konzepte (Importance und Performance) inhaltlich nicht kompatibel sind und in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehen, weshalb schließlich die Differenz keine klare Bedeutung aufweisen würde.

Zumal es nach *Carson, Carson, Fontenot* und *Toma* [Car+05] problematisch sein kann, auf Basis dieser Differenzen eine eindeutige Priorisierung abzuleiten. Es hängt demnach von einer subjektiven Entscheidung ab, wie die Differenz eines Attributes im Vergleich zu Differenzwerten anderer Attribute eingeordnet wird. Auch ein Einbeziehen der Importance als weiteres Sortierkriterium könnte eventuell für eine eindeutige Priorisierung nicht ausreichend sein, falls Differenz-Werte und Importance-Wert jeweils entgegengesetzt ausfallen würden.[Zu diesem Absatz siehe Car+05, S. 331-332]

Es gibt jedoch eine weitere Variante, die von *Fontenot, Henke* und *Carson* [FHC05] beschrieben wird und auf deren Ausführungen dieser Absatz basiert. Bei diesem Vorgehen kann für ein Attribut eine Art Ratingwert ermittelt werden. Zunächst wird explizit ein Wert für die Unzufriedenheit (Dissatisfaction) berechnet. Es wird dabei der Maximumwert von der Skala der Performance (bzw. Satisfaction) als Idealwert verwendet. Hiervon wird dann der erhobene Performance- bzw. Satisfaction-Wert subtrahiert. Dies wird dann als Wert für die Unzufriedenheit angesehen, der schließlich mit dem Importance-Wert gewichtet wird. Diese Berechnung erfolgt ebenfalls für jedes Attribut. Es sind dann jene Maßnahmen durchzuführen, wo die entsprechenden Attribute den höchsten Wert aufweisen. Bei gleichen Werten entscheidet die Importance als zweites Kriterium.[Zu diesem Absatz siehe FHC05, S. 43] Abgrenzend zur IPA-Matrix zuvor wird diese Berechnung nachfolgend als *Importance-Performance-Analyse-Rating* (IPA-Rating) bezeichnet.

Der Fokus auf die Unzufriedenheit korrespondiert mit der Betrachtung in [Siehe And77, S. 12], wonach die Minimierung der Unzufriedenheit eine plausible Strategie in der Praxis ist.

In [Car+05] wird das Vorgehen, von einer sich mit [FHC05] überschneidenden Autorengruppe, an einem Szenario aus dem Gesundheitswesen angewendet. Es wird herausgestellt, dass der Ansatz eine präzisere Priorisierung, verglichen mit Ansätzen auf Basis der Gap-Analyse, liefert. Sie schlagen zudem einen einfachen Grenzwert vor, unter dem keine Maßnahmen erforderlich wären. Der Grenzwert wird jeweils anhand der Mittelwerte der Importance- und Satisfaction-Skala errechnet.[Zu diesem Absatz Car+05, S. 332-335]

In der Praxis werden für die Importance und Performance oftmals Prozentwerte bzw. Werte im Intervall 0 bis 1 verwendet, wie etwa in [Siehe ETC10, S. 34-35] im Rahmen einer Studie zur Zufriedenheit von Einwohnern. Auch in [Siehe Sil12b, S. 15-16], einer Studie zum Verkehrswesen, werden Angaben als Prozentwerte kodiert.

Auch *Yavas* und *Shemwell* [YS01] beschreiben mit Verweis auf die IPA einen vergleichbaren Zusammenhang. Allerdings werden dort explizit die Einschätzungen der Performance-Werte eines Betrachtungsobjekts sowie eines Wettbewerbers abgefragt. Die Attributbewertung entspricht dabei der mit der Importance gewichteten Differenz der beiden Performance-Einschätzungen. In den Varianten zuvor war hingegen ein Maximumwert als Idealwert angenommen worden. Somit wurde kein gesonderter Wert bezüglich eines Wettbewerbers berücksichtigt. Ein weiterer Unterschied ist, dass in [YS01] zunächst jeweils eine Attributbewertung pro befragte Person ermittelt wird. Erst in einem späteren Schritt werden die einzelnen Ergebnisse je Attribut zu einem Mittelwert aggregiert, der schließlich das Ergebnis für dieses Attribut darstellt.[Zu diesem Absatz siehe YS01, S. 105-107] In den zuvor beschriebenen Fällen werden oftmals direkt die aggregierten Werte der durch Befragung ermittelten Importance- bzw. Performance-Werte gebildet und nur diese Werte in der Berechnung verwendet [Stellvertretend Car+05; ETC10]. Somit ergibt sich das Ratingergebnis direkt für ein Attribut.

Aufgrund der Relevanz für diese Arbeit ist der Zusammenhang zwischen der Importance, der Performance und dem Ratingwert in der nachfolgenden Formel (6.2) beschrieben. Wobei Werte im Intervall 0 bis 1 angenommen werden. Zudem wird, wie mehrheitlich bei den beschriebenen Ansätzen, kein Wettbewerber betrachtet. Stattdessen wird vom Maximum der Performance-Skala (also 1) ausgegangen. Durch Subtraktion des Performance-Werts vom Maximum der Performance-Skala ergibt sich der Wert für die Unzufriedenheit. Für jedes betrachtete Attribut eines Objekts bzw. einer Leistung ergibt sich nach Multiplikation mit der Importance ein eigener Ratingwert. Zudem wird übereinstimmend mit der Mehrheit der Ansätze angenommen, dass aggregierte Werte (etwa Mittelwerte) der abgefragten Importance- und Performance-Werte in die Formel eingehen. Es erfolgt somit zunächst keine Berechnung individueller Ratingwerte für einzelne befragte Personen, die danach aggregiert würden. Ebenso wird genau ein Objekt bzw. eine Dienstleistung betrachtet, für die verschiedene Attributbeurteilungen anhand der Formel berechnet werden. Somit entfällt in der Formel eine Unterscheidung nach mehreren Objekten.

$$R_k = I_k \cdot (1 - P_k) \quad (6.2)$$

mit:

$R_k$  : Rating für das Attribut  $k$  bezüglich eines Objekts oder Dienstleistung ( $k = 1, \dots, n$ )

$I_k$  : Importance-Wert für das Attribut  $k$  mit  $0 \leq I_k \leq 1$

$P_k$  : Performance-Wert für das Attribut  $k$ , mit  $0 \leq P_k \leq 1$

$n$  : Anzahl Attribute.

Ähnlich zu [Car+05] zuvor, wird auch in [ETC10] eine explizite Grenze für die Unterscheidung der Notwendigkeit eines Handlungsbedarfs vorgeschlagen. In diesem Fall wird auf Basis der normierten Werte von 0 bis 1 eine Grenze vorgegeben. Genauer werden sogar zwei Grenzwerte definiert, um eine Abstufung auszudrücken, wie stark ein Attribut bzw. Merkmal Aufmerksamkeit erfordert. Der obere Grenzwert ist in [ETC10] auf 0,2 festgelegt, wohingegen der untere Grenzwert 0,1 beträgt. Zugleich wird die Interpretation der Grenzen benannt. Danach benötigt ein Merkmal mit einem Rating größer oder gleich der oberen Grenze, eine deutlich gesteigerte Aufmerksamkeit. Merkmale mit einem Rating kleiner als der unteren Grenze werden unverändert beobachtet. Merkmale mit einem Rating zwischen diesen Bereichen sollten etwas mehr betrachtet werden.[Siehe ETC10, S. 35]

Diesbezüglich ist festzuhalten, dass kein Merkmal aufgrund eines eventuell niedrigen Ratings vollständig vernachlässigt oder fortan nicht mehr betrachtet werden sollte. Vielmehr sind auch weiterhin alle Merkmale relevant, aber bei den Merkmalen mit höheren Ratingwerten sollte zunächst der Fokus der primären Aufmerksamkeit liegen.

Im Abschnitt 6.4.1 wurde bereits auf die multiattributiven Messverfahren hingewiesen. Bei diesen ergibt sich wie erläutert, die Gesamtbeurteilung der Qualität einer Leistung aus Sicht eines Konsumenten als Ergebnis eines funktionalen Zusammenhangs der Einzelbeurteilungen der verschiedenen Merkmale [Vgl. Hen00, S. 297 ff.].

Analog kann an dieser Stelle auch ein Gesamtrating berechnet werden, um für ein bestimmtes Objekt einen einzelnen, zusammengefassten Gesamtbeurteilungswert ausweisen zu können. Dieser würde sich aus den einzelnen Ratings der spezifischen Merkmale bzw. Attribute gemäß Formel (6.2) ergeben. In den betrachteten Quellen zur IPA wird jedoch nicht immer ein Gesamtrating berechnet. Wie etwa in [Vgl. Set15; Vgl. Car+05; Vgl. FHC05; Vgl. ETC10].

Demgegenüber wird etwa in [Sil12b] ein solcher Gesamtzusammenhang beschrieben, wo Gesamtwerte zum Vergleich der Teilgruppen einer Befragung berechnet werden. Die Berechnung erfolgt jedoch auf Basis der Skalenwerte und nicht unter Verwendung normierter Werte zwischen 0 und 1. Die Summe der mit der Importance gewichteten Werte der Unzufriedenheit wird abschließend durch die Anzahl der Elemente geteilt. Auf diese Weise ergibt sich ein Gesamtwert je Befragungsgruppe.[Zu diesem Absatz siehe Sil12b, S. 11]

Auch in [Siehe Van+13, S. 8] erfolgt bei der Gap-Analyse die Berechnung eines Gesamtwerts, indem der Mittelwert über alle Gaps gebildet und somit eine Gesamtaussage über die Zufriedenheit mit einem Informationssystem getätigt wird.

Die Ableitung konkreter Maßnahmen erfolgt jedoch in der Regel unter Verwendung der Einzelratings der Attribute.

Angelehnt an *Kroeber-Riel* und *Gröppel-Klein* [Vgl. KG13, S. 273] und den multiattributiven Verfahren sei in Formel 6.3 ein Gesamtrating aus den Einzelratings der Attribute berechnet. In Übereinstimmung mit den genannten Quellen sei auch hier das arithmetische Mittel verwendet, um das Gesamtrating zu berechnen. Die Division durch die Anzahl der betrachteten Attribute sorgt für die Normierung auf den Wertebereich zwischen 0 und 1. Die einzelnen Ratings der Attribute ergeben sich dabei anhand der zuvor eingeführten Formel (6.2). Die Attribute und somit die Einzelratings werden dabei als hinreichend unabhängig voneinander angenommen, was nach [Siehe KG13, S. 273] zugleich eine Bedingung bei der additiven Verknüpfung ist.

Das Gesamtrating für ein Betrachtungsobjekt ergibt sich somit wie folgt:

$$GR = \frac{\sum_{k=1}^n R_k}{n} \quad (6.3)$$

mit:

$GR$  : Gesamtratingwert für das Objekt oder die Dienstleistung

$R_k$  : Ratingwert für das Attribut  $k$  ( $k = 1, \dots, n$ )

$n$  : Anzahl Attribute.

Somit stehen Berechnungsformeln für die Einzelratings und das Gesamtrating zur Verfügung, um Objekte oder Leistungen auf Basis einzelner Attribute hinsichtlich der Zufriedenheit bzw. Unzufriedenheit zu bewerten.

## 6.5 Abstraktionsebene und übergreifende Untersuchungsobjekte

Als Grundlage für detaillierte Analyseszenarien, wie etwa in Kapitel 7, geht dieser Abschnitt allgemein auf die zu betrachtenden Objekte ein. Maßgebend ist die übergreifende Sicht bei der angestrebten Auswertung, was die Wahl der Untersuchungsobjekte beeinflusst. Darüber hinaus beschreibt der Abschnitt Möglichkeiten zur individuellen Gewichtung der Objekte, um Unterschiede auszudrücken.

### 6.5.1 Wahl der Untersuchungsobjekte

Im Rahmen des in Kapitel 5 vorgestellten Ansatzes zur Vernetzung unabhängiger EA-Teilmodelle spielten die in Abschnitt 5.8.1 eingeführten Zuordnungselemente eine zentrale Rolle. Sie repräsentieren eine übergreifende Sichtweise und unterstützen beim Zusammenführen der unabhängigen Detailmodelle.

Diese Vernetzung bildet, wie in Abschnitt 6.1 erläutert wurde, die Grundlage für verschiedene Analysen. Es sollen vorzugsweise ganzheitliche Analysen ermöglicht werden, um isolierte Sichten zu überbrücken. Entscheidungen aus unternehmensweiter Sicht können dadurch unterstützt werden. Vor diesem Hintergrund ist auch eine entsprechende Analyseebene notwendig, welche die lose Kopplung der Inhalte berücksichtigt.

Insgesamt liegt es somit nahe, die ohnehin in der integrierten Datenbasis befindlichen Zuordnungselemente, für die Untersuchung der jeweiligen Analysezwecke zu verwenden. Sie können direkt als Betrachtungsobjekte genutzt werden, ohne zusätzliche Elemente einfügen zu müssen. Durch ihre Rolle bei der indirekten Vernetzung besitzen sie außerdem bereits eine Schnittstellenfunktion und können daher als Untersuchungsobjekte aus ganzheitlicher Sicht genutzt werden. Zudem stellen die Zuordnungselemente gemäß Abschnitt 5.8.1 eine von allen Beteiligten geteilte Betrachtungsebene dar. Was ein weiteres Argument für ihre Wahl ist.

Wobei jedoch die Zuordnungsinstanzen nicht zwingend gewählt werden müssen. Es könnten ebenso andere Konzepte verwendet werden, wenngleich möglicherweise ein abweichendes Verhalten bei der Auswertung und der Interpretation zu berücksichtigen wäre.

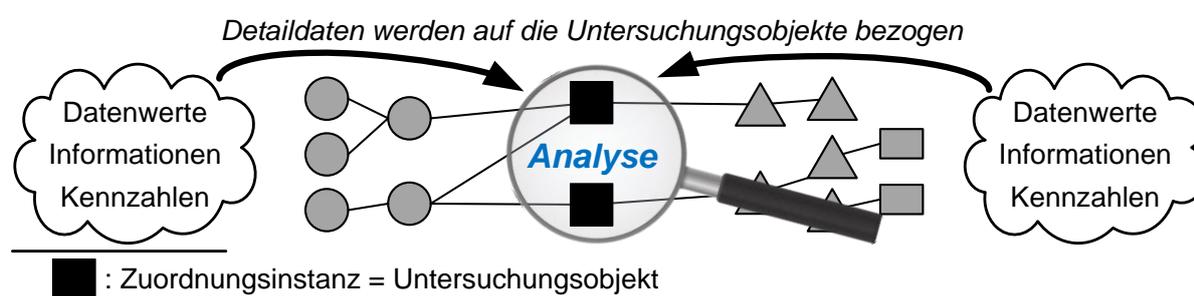
Wie in Abschnitt 5.8.1 ausgeführt wurde, sind Capabilities aufgrund ihrer Eigenschaften geeignete Kandidaten für diese Zuordnungsinstanzen. Wenngleich ebenfalls ausgeführt wurde, dass auch andere Konzepte denkbar wären, wie etwa Geschäftsobjekte oder Services.

Im Abschnitt 3.2.2 wurde bereits auf verschiedene Capability-basierte Analysen eingegangen. Dabei wurde verdeutlicht, dass der Einsatz von Capabilities im Rahmen von Analysen bereits Anwendung findet. Auch wurde dabei auf den übergreifenden Charakter hingewiesen, der sich durch die Betrachtung von Capabilities ergibt. Für ein Beispiel dieser Nutzung wurde auf [Siehe BMH05] verwiesen. Befördert wird die Eignung der Capabilities auch durch ihre höhere

Stabilität im Zeitverlauf gegenüber den detaillierten Beschreibungen der Teilmodelle [Siehe Mer06, S. 1]. Dieser Aspekt wurde auch in Abschnitt 2.1.4.2 betrachtet.

Capabilities oder auch Geschäftsfähigkeiten besitzen damit relevante Eigenschaften für einen Einsatz in Analysen. Eine Analyse kann auf diesen vergleichsweise stabilen Elementen basieren und besitzt somit über einen langen Zeitraum hinweg vergleichbare Objekte zur Betrachtung.

Insgesamt wird somit von Einzelbereichen abstrahiert und stattdessen auf übergreifende Objekte bei der Analyse fokussiert. In Abbildung 6.4 ist dieses Prinzip veranschaulicht. Die bereits vorhandenen Zuordnungsinstanzen werden zugleich als Untersuchungsobjekte in Anlehnung an die Capability-basierten Analysen genutzt. Im Folgenden seien daher die Zuordnungsinstanzen und Untersuchungsobjekte identisch gewählt. Um die Erläuterungen allgemeingültig zu halten, wird nachfolgend einheitlich von *Untersuchungsobjekten* gesprochen.



**Abbildung 6.4:** Die Detaildaten werden im Rahmen der Analyse auf die Untersuchungsobjekte bezogen, für welche die bestehenden Zuordnungsinstanzen verwendet werden können (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Untersuchungsobjekte abstrahieren somit von den konkreten Strukturen und dienen der Analyse als übergreifende Objekte. Die Datenwerte aus den Quellen ebenso wie Kennzahlen oder sonstige Informationen werden entlang der Verbundbeziehungen auf die zugehörigen Untersuchungsobjekte bezogen (siehe Abbildung 6.4). Dies lässt eine übergreifende Betrachtung aus Gesamtsicht zu. Die Ergebnisse werden an den Untersuchungsobjekten dokumentiert.

### 6.5.2 Festlegung einer Gewichtung der Untersuchungsobjekte

Wie zuvor erläutert, sollen die Untersuchungsobjekte eine übergreifende Betrachtung ermöglichen. In Auswertungen und Analysen sind es diese Objekte, die als Diskussions- und Betrachtungsgegenstand im Fokus stehen. Ohne weitere Charakterisierung würden diese Objekte jedoch zunächst gleichgewichtig nebeneinanderstehen. Es erscheint daher sinnvoll, eine Gewichtung dieser Untersuchungsobjekte nach individuell festlegbaren Kriterien einzuführen. Damit ist es möglich, einzelne Untersuchungsobjekte im Vergleich zu anderen bewusst herauszustellen und als wichtiger/umfangreicher/aufwendiger oder Ähnliches auszuzeichnen.

Inspiriert ist dies durch die verbreitete Function-Point-Analyse (FPA), etwa gemäß dem Standard der IFPUG (International Function Point Users Group), veröffentlicht in [Siehe ISO09]. Die FPA bietet ein Verfahren an, mit dem etwa Umfang und Komplexität von IT-Systemen nach einem vorgegebenen Standard bewertet werden können [Siehe Poe12, S. 15 ff.]. Dies kann etwa die Aufwandsschätzung unterstützen [Siehe Poe12, S. 17 ff., 115 ff.].

Die Gewichtung der hier eingeführten Untersuchungsobjekte kann auf ähnliche Weise als Größenmaß aufgefasst werden, wobei hier keine Festlegung vorgegeben sein soll, wie dieses zu bestimmen ist. Dies kann entsprechend den Anforderungen und Interpretationen im jeweiligen Einsatzkontext individuell ausgestaltet werden.

Ein Vergleich der Untersuchungsobjekte ist möglich, da wie bei der FPA als gemeinsames Maß mit einheitlicher Ermittlung [Vgl. Poe12, S. 6], auch hier die Gewichtung für alle Untersuchungsobjekte gleichartig ermittelt wird. Der Vergleich ist nur innerhalb der Menge der Untersuchungsobjekte eines Unternehmens sinnvoll. Es sei denn, dass die Objektmenge und die Definition des Gewichts von einem anderen Unternehmen geteilt werden würden. Bei der FPA ist das Verfahren zur Ermittlung der Bewertung hingegen standardisiert [Siehe ISO09].

Die Gewichtungen können bei Bedarf in Analysen (wie in Kapitel 7) genutzt werden, um die spezifische „Größe“ eines Untersuchungsobjektes in der Betrachtung zu berücksichtigen. Sie erlauben somit auf einem gemeinsam definierten Vergleichsniveau, Unterschiede zwischen den Untersuchungsobjekten auszudrücken.

Zudem hilft ein Einbeziehen der relevanten EA-Beteiligten (siehe Abschnitt 2.2.2) bei der gemeinsamen Definition und Festlegung, um ein übergreifendes Verständnis auch bezüglich der Gewichte von den Untersuchungsobjekten zu etablieren.

Auf das Verfahren zur Ermittlung der Bewertungen mit der FPA und weitere mögliche Ausdifferenzierungen der FPA sollen an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Stattdessen wird auf die entsprechende Literatur verwiesen, insbesondere [Vgl. ISO09; Vgl. Poe12].

Zudem gibt es auch konzeptionelle Unterschiede zwischen der FPA und dem Gewichtungsvorgehen im vorliegenden Ansatz. So fokussiert sich die FPA auf die Bewertung von IT-Systemen [Vgl. ISO09], wohingegen die Untersuchungsobjekte auf die Abdeckung des gesamten Unternehmens (oder zumindest der Betrachtungsperspektive der EA) ausgerichtet sind.

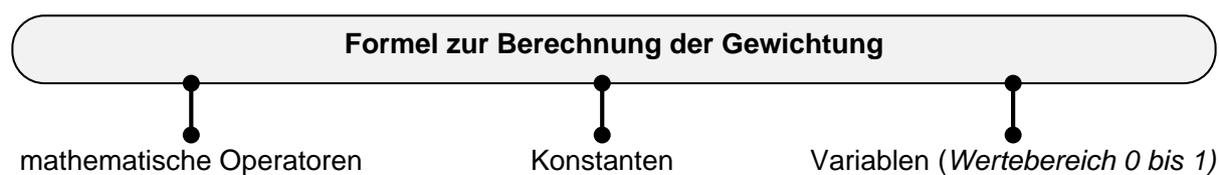
Die Ermittlung der Gewichte für die Untersuchungsobjekte sollte zu Beginn eines Analysevorhabens erfolgen (z. B. in einem Workshop). Die Gewichte können im Zeitverlauf aktualisiert werden, um neue Sichtweisen und Annahmen zu berücksichtigen.

Die Vergabe von Gewichtungen bietet zudem mit einem relativ begrenzten Aufwand bereits einen kurzfristigen Nutzen, was in Abschnitt 5.1 als eine wichtige Herausforderung von EAM-Initiativen im Allgemeinen bezeichnet wurde. Die Gewichtungen bieten eine erste grobe Quantifizierung der Untersuchungsobjekte. Dies kann zudem bereits vor dem Einstieg in die eigentliche Analysephase erfolgen. Auch ist diese Gewichtung unabhängig von den eingebundenen Teilmodellen der Domänen. Folglich ist die Betrachtung der Gewichtung bereits ohne große Datenbasis möglich und kann somit frühzeitig einen Nutzen bringen.

Die Gewichtung kann individuell festgelegt werden und dabei z. B. Umfang, Relevanz, Komplexität oder Kritikalität abbilden. Ebenso sind Zusammenhänge dieser oder anderer Aspekte denkbar. Zu beachten ist, dass je nach Vergabe der Werte ein hohes Maß an Subjektivität gegeben sein kann.

Für den vorliegenden Ansatz sei allgemein angenommen, dass die Ermittlung der Gewichtungen durch eine frei wählbare Berechnungsvorschrift beschrieben ist. Die Vorschrift gilt dabei für alle Untersuchungsobjekte. Neben grundlegenden mathematischen Operatoren seien mindestens konstante Werte ebenso wie Variablen als Bestandteile der Vorschrift angenommen. Abbildung 6.5 skizziert mögliche Bestandteile einer solchen Berechnungsvorschrift. Wobei die Berechnungsvorschrift auch aus genau einem Bestandteil, etwa einer Konstante oder einem je Untersuchungsobjekt variabel festzulegenden Wert bestehen könnte.

Durch die Belegung der variablen Werte für das entsprechende Untersuchungsobjekt ergibt sich somit eine konkrete, individuelle Gewichtung. Dies kann im Rahmen einer subjektiven Einschätzung oder durch eine anderweitige Ermittlung (z. B. berechnete Kennzahl) erfolgen. Der triviale Fall wäre eine Berechnungsvorschrift ohne Variablen und folglich mit stets konstantem Ergebnis. In diesem Fall ist die Berechnung sehr einfach. Allerdings hätte das Gewicht dann keinen differenzierenden Charakter.



**Abbildung 6.5:** Komponenten der individuellen Berechnungsvorschrift für die Gewichtung von Untersuchungsobjekten (Quelle: Eigene Darstellung)

Sei allgemein für die variablen Werte ein Wertebereich zwischen 0 und 1 angenommen. Wobei je nach Interpretation der Variablen, der Wert 0 für z. B. „nicht zutreffend“, „nicht erfüllt“ oder „geringe Bedeutung“ stehen könnte. Demgegenüber könnte der Wert 1 für z. B. „vollkommen zutreffend“, „vollständig erfüllt“ oder „hohe Bedeutung“ stehen. Alle Werte zwischen 0 und 1 wären Abstufungen dieser Extremwerte. Entsprechend der Definition und Bedeutung der Vorschrift kann die Gewichtung folglich unterschiedlich interpretiert werden.

Es sei explizit darauf hingewiesen, dass die Intention der Gewichtung nicht darin besteht, ein Analyseergebnis oder z. B. ein Urteil über die Verbesserungswürdigkeit vorwegzunehmen. Da die Vorschrift wie erläutert frei gewählt werden kann, ist dies jedoch theoretisch möglich. Überdies kann eine Gewichtung aber auch z. B. als „empfundener Optimierungsbedarf“ aufgefasst und von den Beteiligten explizit (subjektiv) abgefragt werden. Diese Einschätzung könnte dann in der späteren Analyse (siehe Kapitel 7) berücksichtigt werden.

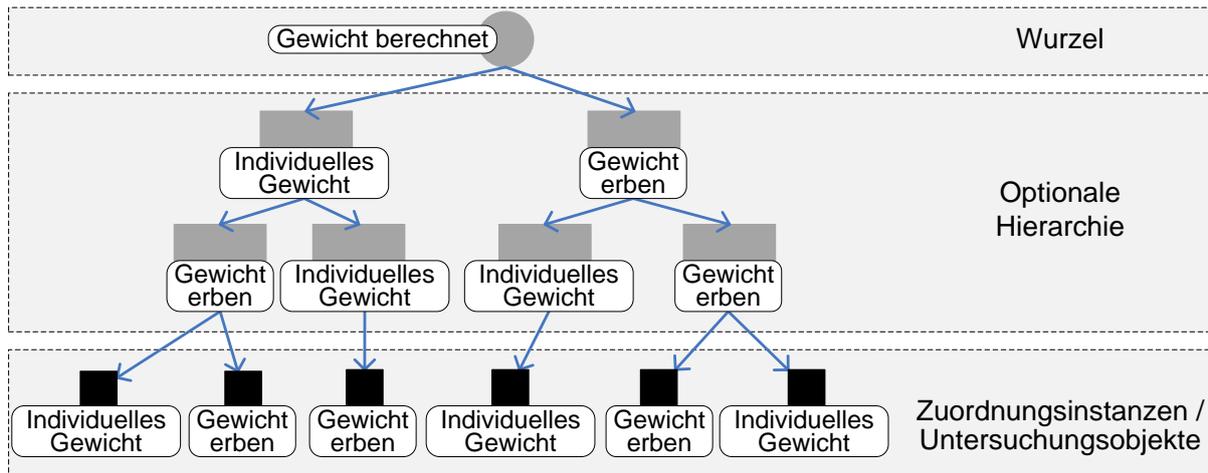
Entsprechend der Wahl der Zuordnungselemente bzw. Untersuchungsobjekte kann die Anzahl der Elemente unterschiedlich hoch sein (z. B. vgl. Abschnitt 2.1.4.2 und den dortigen Capabilities). Insofern ist eine effiziente Ermittlung der Gewichtungen relevant.

Eine Möglichkeit dies effizient zu berechnen ist die automatisierte Erhebung der Werte für die Variablen in der Gewichtungsvorschrift und die anschließende automatisierte Berechnung.

Eine weitere Möglichkeit zur Vereinfachung beruht darauf, dass wie in Abschnitt 5.8.1 erläutert, die Zuordnungsinstanzen in einer Hierarchie eingebettet sein können. In diesem Fall lassen sich Werte von oberen Ebenen der Hierarchie an untere Ebenen „vererben“. Das ist für die berechneten Gewichtungen ebenso möglich wie für Variablenwerte, welche an einem Elternelement überschrieben wurden und nun an ein Kindelement in der Hierarchie vererbt werden sollen.

Ein Beispiel hierzu ist in Abbildung 6.6 gegeben, wo die Vererbung von Gewichten skizziert ist. Sei dazu eine Wurzel angenommen, die entweder in der Hierarchie bereits existiert oder künstlich vorgesehen wird. Für diese Wurzel wird die Vorschrift zur Berechnung der Gewichtung initial berechnet oder das Gewicht auf einen Standardwert gesetzt. Besitzt ein Element auf einer der unteren Hierarchieebenen keine individuell vergebenen Variablenwerte, dann wird das Gewicht vom nächsthöheren Elternelement in der Hierarchie geerbt. Dies kann sich über mehrere Hierarchieebenen erstrecken, sodass z. B. die Gewichtung der Wurzel bis zu einem Untersuchungsobjekt auf der untersten Hierarchieebene vererbt werden kann (siehe Abbildung 6.6). Zugleich können auch die Variablenwerte vererbt werden, sodass jedes Element Gewichtsvariablen besitzt, auch wenn dort eigentlich keine Variablenwerte individuell vergeben wurden. Die Variablenwerte könnten später in der Auswertung (siehe Kapitel 7) genutzt werden. Somit ist die Gewichtung für viele Untersuchungsobjekte effizient zu realisieren.

Die Vererbung ist lediglich sinnvoll und zweckmäßig, wenn nicht der oben genannte triviale Fall einer Berechnungsvorschrift mit konstantem Ergebnis vorliegt. Somit sei hier die Annahme zugrunde gelegt, dass mindestens eine Variable in der Berechnungsvorschrift vorliegt.



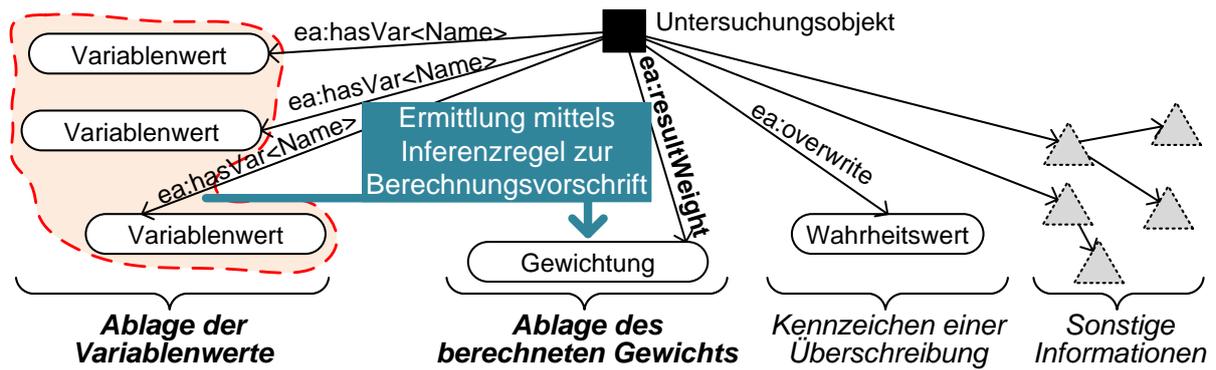
**Abbildung 6.6:** Untersuchungsobjekte können ein individuelles Gewicht erhalten oder ein Gewicht entlang der Hierarchie erben (Quelle: Eigene Darstellung)

Nur in den Fällen, wo Variablenwerte individuell für ein Element vorliegen, müssen diese berücksichtigt werden. Das Gewicht wird somit für dieses Element berechnet, wie dies auch in Abbildung 6.6 dargestellt ist. Diese Gewichtung wird dann an Kindelemente in der Hierarchie vererbt, sofern diese keine eigene, individuell berechnete Gewichtung besitzen.

Nachdem bisher allgemein die Ermittlung der Gewichte erläutert wurde, wird im Folgenden auf die konkrete Berücksichtigung im Kontext der integrierten Datenbasis eingegangen. Hierbei wird auch erläutert, wie die Gewichte mittels der Technologien des Semantic Web ermittelt werden können.

Wie in Abschnitt 5.7.2 erläutert wurde, sind die Zuordnungsinstanzen zentraler Bestandteil der integrierten Datenbasis. Dementsprechend sollen auch die Variablenwerte (individuell vergeben oder geerbt) in die integrierte Datenbasis übernommen werden. Liegen solche Variablenwerte vor, dann sollen sie in der integrierten Datenbasis an dem entsprechenden Untersuchungsobjekt angefügt werden. Das ist in Abbildung 6.7 (linke Bildhälfte) skizziert. Für jede Variable gibt es ausgehend vom Untersuchungsobjekt ein eigenes, entsprechend benanntes Prädikat (z. B. `ea:hasVar<Name>`), was den jeweiligen Variablenwert referenziert. Die Variablenwerte können hier als einfache Literale (siehe Abschnitt 4.3.1) angenommen werden. Zudem ist ein Prädikat als Kennzeichen dafür vorgesehen, ob eine individuelle Überschreibung der Variablenwerte stattgefunden hat (z. B. `ea:overwrite`). Dies ist auch in Abbildung 6.7 dargestellt. Nur bei einer Überschreibung der Variablenwerte muss das Gewicht für ein Objekt individuell ermittelt werden, anstatt es zu erben. Für die Prädikate sei vereinheitlicht angenommen, dass sie einem zentralen Namespace zugeordnet sind, wie bereits die anderen in Abschnitt 5.9.4 definierten Prädikate.

Für die Berechnungsvorschrift der Gewichtung sei angenommen, dass sie in einer Inferenzregel (siehe Abschnitt 4.3.4) abgebildet ist, welche auf der integrierten Datenbasis im Anschluss ausgeführt werden kann. Eine Voraussetzung ist dabei, dass in der Inferenzregel die in der Berechnungsvorschrift genutzten Bestandteile unterstützt werden, wie z. B. die mathematischen Operatoren. Die so berechneten Gewichtungen werden wie in Abbildung 6.7 dargestellt, über ein definiertes Prädikat (z. B. `ea:resultWeight`) mit dem jeweiligen Untersuchungsobjekt verbunden. In Listing 6.1 sei in Form eines Pseudocodes eine mögliche Beschreibung der Berechnungsvorschrift als Inferenzregel gegeben.



**Abbildung 6.7:** Variablenwerte sowie berechnete Gewichtungen werden an den Untersuchungsobjekten abgelegt (Quelle: Eigene Darstellung)

**Listing 6.1:** Berechnungsvorschrift des Gewichts als Inferenzregel

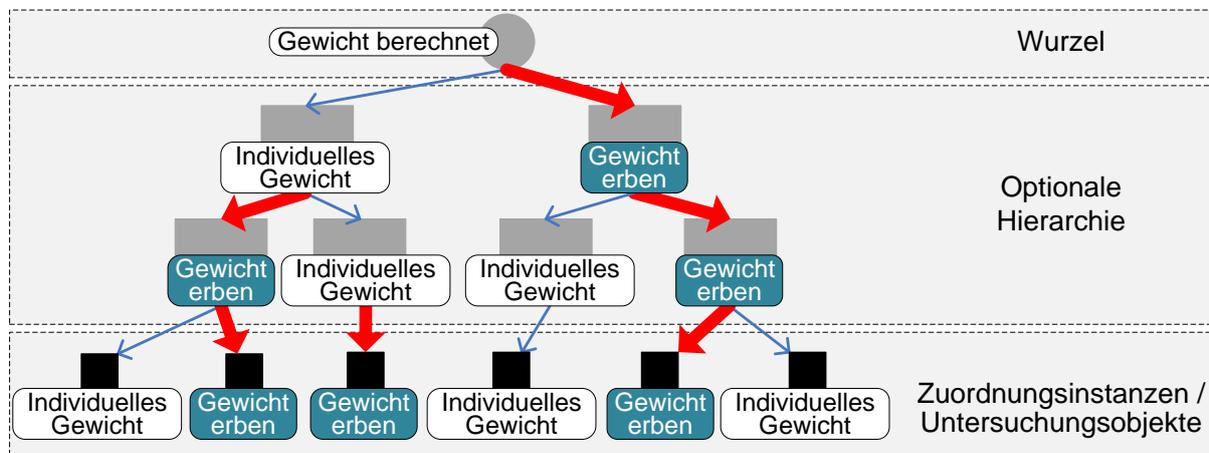
```

1 WENN gilt: Gewichtung wurde noch nicht neu berechnet
2 UND: individuelle Variablenwerte für Untersuchungsobjekt liegen vor
3 UND: Untersuchungsobjekt hat Prädikate für alle Variablenwerte
4 UND: Gewichtungswert kann durch Vorschrift berechnet werden
5 → DANN: erzeuge Prädikat am Untersuchungsobjekt zur Ablage des berechneten Ergebnisses

```

Auf diese Weise können alle Gewichtungen von Untersuchungsobjekten berechnet werden, bei denen die Variablen individuell belegt sind. Somit ergibt sich für das Untersuchungsobjekt ein eigenes Gewicht und das Objekt erbt kein Gewicht eines Elternelements. Dies erfolgt auch für das erwähnte Wurzelement. Damit liegen in der Datenbasis alle Gewichtungen vor, die aufgrund von spezifisch belegten Variablenwerten individuell berechnet wurden, siehe das Beispiel in Abbildung 6.6.

In einem zweiten Schritt können danach die Gewichtungen an diejenigen Untersuchungsobjekte vererbt werden, für die kein individuelles Gewicht berechnet wurde. Dieser Ablauf ist in Abbildung 6.8 dargestellt. Die Elemente ohne berechnetes Gewicht erben hierbei vom dichtesten Vorgängerelement in der Hierarchie, welches eine Gewichtung besitzt - sei es durch individuelle Berechnung oder vorheriges Erben. Auch in diesem Fall wird die Gewichtung durch das definierte Prädikat (z. B. `ea:resultWeight`) am jeweiligen Untersuchungsobjekt dokumentiert.



**Abbildung 6.8:** Untersuchungsobjekte ohne individuelle Variablenwerte erben von Objekten höherer Hierarchieebenen mit vorliegender Gewichtung (Quelle: Eigene Darstellung)

Zur Abbildung der Vererbungsbeziehungen eignet sich etwa SPARQL (siehe Abschnitt 4.3.5) gut. Grundlage dabei ist, dass auch das Modell der Zuordnungselemente in der Datenbasis enthalten ist (siehe Abschnitt 5.8.4). Die Hierarchie liegt somit auch maschinenlesbar vor.

Zu berücksichtigen sind dabei nur die Untersuchungsobjekte, welche noch kein Prädikat als Referenz auf eine Gewichtung haben. Für diese Kandidatenmenge sind dann jeweils Pfade zu direkten und indirekten Vorgängern zu identifizieren, bis eine Ressource mit dem geforderten Prädikat (z. B. `ea:resultWeight`) gefunden wird. Dabei ist jeweils nur der Pfad relevant, der zwischen einem Element und seinem dichtesten Vorgänger mit vorhandener Gewichtung besteht.

Hierzu kann z. B. auf die in SPARQL 1.1 enthaltenen „Property Paths“ ([Siehe HS13] und ergänzend siehe Abschnitt 4.3.5) zurückgegriffen werden. Damit ist eine Betrachtung von Pfaden möglich, die zwischen Elementen und deren Vorgängerelementen vorliegen sowie beliebig lang sein dürfen. Die genaue Länge und Zusammensetzung der Pfade muss dabei nicht vorab bekannt sein. Somit muss nicht vorausgesetzt werden, dass alle Elemente in einer festen Top-down-Reihenfolge entsprechend der Hierarchie zu berechnen sind. Schließlich ist, wie in Abschnitt 4.3.2 erwähnt wurde, die Reihenfolge der Statements innerhalb des RDF-Datenmodells beliebig.

Am Ende liegen sowohl die Variablenwerte als auch die Gewichtungen dokumentiert an den Untersuchungsobjekten in der integrierten Datenbasis vor. Dies gilt sowohl für den Fall der individuellen Festlegung als auch für den Fall der Vererbung. Sie stehen damit im weiteren Verlauf der Analyse ebenso wie die bereits in der Datenbasis vorhandenen Informationen bzw. Datenwerte zur Verfügung und können mit Inferenzregeln oder Abfragen ebenfalls zugegriffen werden.

# 7 Flexible Ratingmethodik zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen

Ausgehend von der allgemeinen Betrachtung der EA-Analyse zuvor, führt dieses Kapitel den in dieser Arbeit entwickelten Analyseansatz ein. Ziel ist die Entwicklung einer Ratingmethodik für die Ableitung des Bedarfs an Handlungen, der für einen festzulegenden Kontext ermittelt werden soll. Die Einordnung dieser Methodik eröffnet das Kapitel. Danach wird die Eignung der Importance-Performance-Analyse (IPA) erörtert und eine Adaption für den Kontext der EA-Analyse beschrieben. Anschließend wird dargestellt, wie Kennzahlen und Kategorien festgelegt werden können, die das Rating spezifizieren. Es folgt die Beschreibung der Ratingberechnung und -interpretation. Das Kapitel endet mit einer kritischen Würdigung des Gesamtansatzes.

---

7.1	Einordnung und Motivation der Ratingmethodik . . . . .	175
7.2	Eignung der IPA für die EA-Analyse . . . . .	179
7.3	Übertragung des IPA-Ratings auf die übergreifende EA-Analyse . . . . .	182
7.4	Definition von Kennzahlen und Kategorien . . . . .	187
7.5	Berechnung und Interpretation des Ratings . . . . .	196
7.6	Kritische Würdigung der Vernetzungs- und Analysemethodik . . . . .	240

---

## 7.1 Einordnung und Motivation der Ratingmethodik

In Kapitel 5 wurde dargelegt, wie mehrere unabhängige Datenquellen mittels der Zuordnungs-elemente indirekt verbunden werden können. Dies entspricht dem Merkmal „M4 - Lose Kopplung“ aus Abschnitt 5.3. Danach erscheint es vorteilhaft, die bestehenden Detailmodelle in einer Datenbasis zu integrieren anstatt aufwendig ein neues, separates EA-Silo zu schaffen. In Abschnitt 6.1 wurde dann allgemein auf die Verwendung der integrierten Datenbasis als Grundlage für Analysen eingegangen. Dabei ist ein Zusammenspiel aus Vernetzung und Analyse notwendig. Ohne entsprechende Vernetzung könnte keine geeignete Analyse durchgeführt werden. Ohne Analyse fehlt hingegen ein wichtiges Nutzungsszenario der EA, wodurch sie lediglich der Dokumentation dienen würde, und dadurch eventuell an Relevanz und Akzeptanz verlieren würde. Ausgehend von der allgemeinen Betrachtung von EA-Analysen im vorherigen Kapitel 6 befasst sich das aktuelle Kapitel mit einer konkreten Methodik zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen, wofür die Relevanz bereits in Abschnitt 6.3 diskutiert wurde. Abbildung 7.1 verdeutlicht genau diesen Gesamtzusammenhang.



**Abbildung 7.1:** Kapitelstruktur - Kapitel 7: Fokus auf die Analyse des Handlungsbedarfs (Quelle: Eigene Darstellung)

In diesem Abschnitt soll zunächst auf die Motivation der Ratingmethodik eingegangen werden. Dies erfolgt auch unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5.3 formulierten Merkmale.

Eine EA auf Basis der vorgestellten, integrierten Datenbasis bietet hierbei den Vorteil der ganzheitlichen Betrachtung. Unter Verwendung detaillierter Informationen kann aus Gesamtsicht der Bedarf an Handlungen für einen zu beschreibenden Kontext analytisch abgeleitet und bewertet werden. Das unterstützt eines der Nutzungsszenarien von einer EA, indem Hinweise auf Veränderungen, zur Erreichung eines zukünftigen Zustands, durch Untersuchung des Istzustands gegeben werden (siehe Abschnitt 2.1.1).

In die Analyse sollen hierzu, wie in Abschnitt 3.2.1 bereits hingewiesen wurde, nicht nur vorhandene Werte Eingang finden, sondern auch während der Analysephase berechnete Werte. Das Vorgehen soll dabei von keinen festen Voraussetzungen eines bestimmten EA-Metamodells ausgehen. Zudem sollen es die Analysen auch ermöglichen, Informationen über bisherige Teilmodellgrenzen hinweg zu kombinieren, da die Teilmodelle, wie in Abschnitt 5.2.2 diskutiert, häufig nur isoliert vorliegen. Auch wurde bereits in Abschnitt 3.2.1 auf [Vgl. Lan13, S. 194] hingewiesen, wonach detaillierte Analysen häufig auf Basis der Detailmodelle erfolgen, weil nur dort die detaillierten Daten beinhaltet sind und nicht in der EA. Dadurch ist eine integrierte Sichtweise üblicherweise schwierig zu realisieren.

Im Fokus der Analysemethodik stehen die Untersuchungsobjekte, wie sie zuvor in Abschnitt 6.5 allgemein eingeführt wurden. Analysen und Aussagen werden aufgrund des übergreifenden Charakters der Untersuchungsobjekte, ausgehend von diesen Objekten getätigt. Hierzu wird für die Untersuchungsobjekte jeweils ein entsprechendes Rating aus Gesamtsicht ermittelt.

Es können hierzu verschiedene Kennzahlen definiert werden, die jeweils aus der Sicht eines Untersuchungsobjektes ermittelt werden. Die Ergebnisse werden gemäß einer spezifischen Ratingmethodik zusammengefasst und liefern eine Aussage auf der übergreifenden Ebene der Untersuchungsobjekte. Die Kennzahlen können anhand der gesamten Datenbasis berechnet werden und sind nicht nur auf einzelne Teilmodelle begrenzt. Statt einer „lokalen Optimierung“, wie z. B. bei einer isolierten Betrachtung der Geschäftsprozesse, ermöglichen die Kennzahlen somit eine „globale Betrachtung“. Dieses erfüllt das Merkmal „M3 - Ganzheitlichkeit“ aus Abschnitt 5.3. Die Methodik erfüllt auch das ähnlich positionierte Merkmal „M8 - Kombination“, da Aspekte und Instanzen aus unterschiedlichen Domänen beliebig bei den Berechnungen kombiniert werden können. Der Ansatz beschränkt sich somit nicht darauf, die Kennzahlen isoliert pro Domäne zu berechnen und am Ende einmalig zu aggregieren. Eine kombinierte Berechnung sollte, sofern erforderlich, möglich sein.

Die Kennzahlen sollen dem Merkmal „M5 - Flexibilität“ folgend, aufgrund der Vielfältigkeit möglicher Fragestellungen, flexibel definierbar sein und dabei das vorliegende EA-Metamodell berücksichtigen. Auch in [Siehe Nie05, S. 141] wird die Notwendigkeit flexibler Auswertungen für aktuelle und mögliche zukünftige Problemstellungen betont. Es wird im Abschnitt 5.9.1 darauf eingegangen, wie die Kennzahlen neutral formuliert werden können und zugleich der Bezug zum eingeführten EA-Vokabular hergestellt werden kann. Dies ist auch für das Merkmal „M1 - Individualität“ relevant. Danach sollte die Analysemethodik für das individuelle EA-Metamodell eines Unternehmens anwendbar sein. Die Analysen sollen hierzu im vorliegenden Fall nicht fest an ein fixes EA-Metamodell gebunden sein. Es sind daher Platzhalter vorgesehen, welche mit dem EA-Vokabular verknüpft werden können.

Ziel ist es auch, diejenigen Aspekte der Betrachtung des aktuellen Stands der Forschung aus Abschnitt 6.2 aufzugreifen, wo Entwicklungspotenziale identifiziert werden konnten. Dazu zählt unter anderem die einfache Definition von Kennzahlen, indem keine technischen Spezialkenntnisse über beteiligte Sprachen erforderlich sind. Zugleich sollen Ad-hoc-Anfragen ermöglicht

werden, deren Umsetzung nicht erst während einer Implementierungsphase zeitlich verzögert vorgenommen werden muss. Dieser Aspekt betrifft das Merkmal „M6 - Benutzbarkeit“ aus Abschnitt 5.3.

Ebenso wurde bei der Diskussion bestehender Ansätze ohne Einsatz der Technologien des Semantic Web (siehe Abschnitt 6.2.2) deutlich, dass bei Analysen auf Basis der in einer EA abgelegten Informationen überwiegend ein festgelegtes EA-Metamodell vorausgesetzt wird. Die auf diesen Technologien basierenden Ansätze offerieren demgegenüber zwar oftmals die Möglichkeit flexible EA-Metamodelle zu nutzen, aber es werden weitgehend keine Analysen auf Basis der abgelegten Informationen betrachtet.

Wie in Abschnitt 3.2.1 erläutert wurde, existieren zudem viele Ansätze, die für übergreifende Analysen einer EA primär lediglich Grafiken einsetzen. In diesen Fällen erfolgt keine analytische Berechnung.

Die Ratingmethodik soll dabei unterstützen, ein gemeinsames Verständnis für die Erkennung und Priorisierung des groben Bedarfs an Handlungen für einen festzulegenden Kontext aus Gesamtsicht herzustellen. Durch das Rating der Untersuchungsobjekte wird angezeigt, wo der größte Handlungsbedarf auf Basis der abgestimmten Kennzahlen besteht. Dies ist eine wichtige Aufgabe, wie bereits in Abschnitt 3.3 erläutert wurde. Dabei ist zunächst die Analyse der Situation wichtig, um einen generellen Veränderungsbedarf zu identifizieren, bevor eine nachgelagerte Detailanalyse der Veränderungsmöglichkeiten erfolgen sollte [Siehe UB03, S. 309-310, 320 ff.].

Durch die Identifikation des jeweiligen Handlungsbedarfs wird deutlich, wie die Aufmerksamkeit gelenkt werden sollte, um primär nur bei lohnenden Handlungsfeldern die zeit- und ressourcenaufwendigen Detailanalysen vornehmen zu müssen. Dies bezieht sich somit auf das Merkmal „M7 - Priorisierung“ aus Abschnitt 5.3, wonach die Analysemethodik eine nachvollziehbare Reihenfolge der zu betrachtenden Untersuchungsobjekte anbieten sollte. Nachgelagert können dann detaillierte Betrachtungen und Planungen über z. B. Veränderungen durchgeführt werden. Die knappen Ressourcen (u. a. Zeit, Geld) eines Unternehmens können damit möglichst gezielt eingesetzt werden [Stellvertretend vgl. Hut15, S. 13]. Die Durchführung jener Detailanalysen, unter Verwendung domänenspezifischer Techniken, ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Auch in [Siehe Keu10b, S. 119] wird aus Praxissicht auf den hohen Aufwand von Detailanalysen hingewiesen, z. B. erbracht durch Projekte zur detaillierten Vorbereitung oder im Rahmen von Vorstudien. Insofern kann die vorliegende Ratingmethodik einen Beitrag leisten, indem nur dort Vorstudien durchgeführt werden müssen, wo der Bedarf am größten erscheint. Dies realisiert eine Filterfunktion. Für diese eingeschränkte Menge können dann gezielt die Detailanalysen erstellt werden, um die Maßnahmen zu konkretisieren. Auf eine unnötig große Menge an Vorstudien kann somit verzichtet werden. Zustimmend hierzu etwa [Siehe Bar10b, S. 16], wo auf die Belastungen durch unnötige oder wenig Nutzen stiftende Projekte verwiesen wird. Der Projektauswahl kommt folglich auch eine wirtschaftliche Bedeutung zu.

Die Detailanalysen bzw. Vorstudien würden dann ausgehend von den Untersuchungsobjekten erfolgen und die angrenzenden Architekturelemente in die Betrachtung aufnehmen können. Die indirekte Vernetzung liefert hierzu den relevanten Ausschnitt aus der integrierten Datenbasis. Die Methodik kann damit auch die Informationsflut reduzieren, zu der es wie im Informationsmanagement allgemein nach [Siehe Krc15, S. 114-117] kommen kann. So kann die Betrachtung auf die angrenzenden Informationen beschränkt werden, die automatisiert mitgeteilt werden können.

Die Methodik liefert somit Hinweise für Detailanalysen, aber bewusst z. B. keine konkreten Veränderungsvorgaben oder Anweisungen auf niedriger Ebene. Aus diesem Grund ist auch kein

Rückfluss von Informationen an die Domänenmodelle erforderlich (vgl. Abschnitt 5.9.3.1), weil keine Veränderungen durchgeführt werden.

Die Methodik zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen kann somit etwa das Projektportfoliomanagement [Vgl. Sei11] unterstützen, indem sie einen Schritt weiter vorne ansetzt. Wie in Abschnitt 3.2.1 erläutert, wird im Projektportfoliomanagement üblicherweise von einer bereits zusammengestellten Sammlung von Projektvorschlägen ausgegangen. Diese werden jedoch in der Regel isoliert aus der Sicht jeweils einer einzelnen Domäne vorgeschlagen. Mit der Ratingmethodik des vorliegenden Kapitels ist es dagegen möglich, Aussagen über den potenziellen Bedarf an Handlungen aus Gesamtsicht zu treffen und somit Kandidaten für Projektvorschläge zu identifizieren.

Auf diesen wichtigen Aspekt wurde auch in Abschnitt 2.2.1 bei der Einführung des EAM eingegangen. Dort wurde auf [Siehe Dou+09, S. 35] verwiesen, wonach eine EA nicht nur darauf reduziert sein sollte, eine bekannte Veränderung umzusetzen, sondern vielmehr auch aus sich heraus Veränderungsbedarf anzeigen sollte. Dies unterstreicht die strategische Implikation einer EA-Analyse zur proaktiven Ableitung des Bedarfs an Handlungen im Gegensatz zu einer nur passiven Nutzung einer EA, wenn eine Veränderung des Unternehmens veranlasst oder vorgeschrieben wurde.

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird die automatisierte Berechnung der Werte und Kennzahlen bezüglich der Untersuchungsobjekte ein zentraler Aspekt sein. Dies unterscheidet sich etwa von üblichen Capability-basierten Analysen, wo Capability-Bewertungen oftmals direkt abgefragt oder aufwendig erhoben werden (siehe Abschnitt 3.2.2). Zudem wird dort nur eine sehr geringe Anzahl an Kennzahlen (eine bis drei Kennzahlen) gemeinsam betrachtet, etwa in einer Heat Map [Stellvertretend vgl. Mer06]. Ein weiterer Unterschied der vorliegenden Ratingmethodik ist, dass sich die Kennzahlen und Werte auch auf Basis der mit den Zuordnungselementen bzw. Untersuchungsobjekten in Verbindung stehenden, detaillierten Elementen ergeben können. Die Ergebnisse basieren somit nicht nur auf den Untersuchungsobjekten (bzw. Capabilities) selbst, sondern auf der integrierten Datenbasis insgesamt - je nach Definition der Kennzahlen.

Wie in Abschnitt 5.7.1 erläutert, besteht beim Vernetzungskonzept explizit die Annahme, möglichst viele detaillierte Informationen aus den Teilmodellen zu integrieren, um umfangreiche und aussagekräftige Analysen zu ermöglichen. Durch die Definition der Kennzahlen auf Basis des EA-Vokabulars und deren automatisierter Auswertung können die Informationen dennoch effizient kombiniert und aggregiert werden. Manuell wäre eine solche integrierte Verarbeitung aller Informationen und Verknüpfungen nicht effizient zu leisten, wodurch nur weit weniger komplexe Analysen und Auswertungen denkbar wären.

Mit Bezug zum Merkmal „M2 - Variabilität“ aus Abschnitt 5.3 soll die Analysemethodik auch berücksichtigen, dass sich sowohl das EA-Metamodell als auch die konkreten Inhalte im Zeitablauf ändern können. Das Vernetzungsvorgehen (skizziert in Kapitel 5) ermöglicht die Berücksichtigung der eventuell geänderten Modelle ebenso wie des eventuell geänderten EA-Vokabulars. Bei den Kennzahlen der Analysemethodik müssen lediglich bei einem geänderten EA-Vokabular die Zuordnungen der Platzhalter an die tatsächlich vorhandenen EA-Vokabularbegriffe angepasst werden. Die automatisierte Berechnung erleichtert es zudem, das Rating ohne großen Aufwand wiederholt durchführen zu lassen. Anlässe hierfür können unter anderem geänderte Quellmodelle oder geänderte Gewichtungen der Untersuchungsobjekte (siehe Abschnitt 6.5.2) sein.

Die in der vorliegenden Arbeit skizzierte Analysemethodik setzt auf den vorhandenen Informationen der Teilmodelle auf. Diese repräsentieren in der Regel den Istzustand (siehe Ab-

schnitt 2.1.1). Sind jedoch Aspekte mit einem definierten Zeitbezug relevant, wie etwa bei einer expliziten Bezugnahme auf einen zukünftigen Sollzustand, dann gibt es zur Berücksichtigung dieser Bezüge bereits Ansätze.

Ein solcher Ansatz für Zeitbezüge wird z. B. von *Saat* [Saa10] präsentiert. Auf dessen Ausführungen basiert dieser Absatz zur Darstellung der wesentlichen Charakteristika des Ansatzes. Informationen zu Zeitangaben werden dabei über spezielle Attribute an Elementen dokumentiert. Dies ermöglicht die Dokumentation eines Gültigkeitszeitraums oder eines Status. Bei der Analysedurchführung kann dann berücksichtigt werden, ob eine Abhängigkeit oder ein Element zum Analysezeitpunkt oder dem zu betrachtenden Zeitpunkt gültig ist bzw. war. [Zu diesem Absatz siehe Saa10, S. 123-125] Es erfolgt im Ansatz nach [Saa10] jedoch keine Betrachtung quantitativer Analysen. Dennoch lassen sich die wesentlichen Merkmale durchaus übertragen, also die Dokumentation der Zeitangabe und die Berücksichtigung des Zeitbezugs bei der Analyse.

## 7.2 Eignung der IPA für die EA-Analyse

In Abschnitt 6.4 wurde die Importance-Performance-Analyse (IPA) vorgestellt. Das Verfahren ist wie aufgezeigt im Qualitätsmanagement von Dienstleistungen etabliert. Es zielt darauf ab, die Dienstleistungsqualität zu betrachten und auf dieser Basis strategische Aussagen zur Ableitung des Handlungsbedarfs zu treffen [Siehe MJ77].

Eine intensive Literaturrecherche lieferte keine Belege für den bisherigen Einsatz der IPA im Umfeld der ganzheitlichen EA-Analyse. In diesem Abschnitt soll daher die Eignung der IPA für die Analyse einer EA erörtert werden. Dies geschieht vor dem Hintergrund der in Kapitel 5 erzeugten, integrierten Datenbasis und der in diesem Kapitel fokussierten Ableitung des Bedarfs an Handlungen.

Werden die in Abschnitt 6.5.1 eingeführten Untersuchungsobjekte näher betrachtet, so ist eine Analogie zu Dienstleistungen vorhanden. Ein konkretes Beispiel hierfür sind die in Abschnitt 2.1.4.2 vorgestellten Capabilities. Sie stellen bestimmte Fähigkeiten eines Unternehmens dar und sind mitten in der EA positioniert. Sie repräsentieren ein Zusammenspiel verschiedener Aspekte, z. B. Geschäftsprozesse, IT-Systeme oder Mitarbeiter [Vgl. The09, S. 28]. In diesem konkreten Fall und auch übertragen auf den allgemeinen Fall der Untersuchungsobjekte, können diese Objekte als Leistungen für „interne Kunden“ innerhalb eines Unternehmens aufgefasst werden. Dies korrespondiert auch mit der Definition von Dienstleistungen aus dem Abschnitt 6.4.1. Dort wurden Dienstleistungen als Leistungen charakterisiert, die von einem Anbieter angeboten werden, aus einer Kombination von Faktoren bestehen sowie eine bestimmte Wirkung erzielen sollen [Siehe MBH15, S. 14].

Auch die Untersuchungsobjekte repräsentieren eine Kombination von verschiedenen Faktoren. Entsprechend der Wahl der Untersuchungsobjekte implizieren sie eine bestimmte Wirkung, die ihr Einsatz leisten soll. Sie können daher als abstrakte Leistungsbausteine aufgefasst werden, die im Unternehmen zur Verfügung stehen.

Folglich ist es relevant, die Qualität dieser angebotenen „internen Leistungen“ in Form der Untersuchungsobjekte zu messen. Wie in Abschnitt 6.4.1 mit Bezug auf [Vgl. Bru13, S. 33] hervorgehoben wurde, werden vom Kunden neben der Zweckerfüllung nicht selten noch weitere Anforderungen an eine Dienstleistung geknüpft. Folglich geht es auch bei den Untersuchungsobjekten darum, die verschiedenen Anforderungen gemäß dem angestrebten Niveau zu erfüllen. Bei Dienstleistungen wird die Qualität in der Regel mehrdimensional

betrachtet, bestehend aus verschiedenen Merkmalen und Attributen [Siehe Hen00, S. 294-297]. Dies kann auch für die Untersuchungsobjekte übernommen werden, deren Bewertung sich auch aus mehreren Aspekten zusammensetzen soll. Die Notwendigkeit einer mehrdimensionalen Betrachtung durch Kombination verschiedener Aspekte wurde auch im vorherigen Abschnitt 7.1 mit Bezug auf das Merkmal „M8 - Kombination“ aus Abschnitt 5.3 hervorgehoben.

Zusammenfassend geht es somit bei den Untersuchungsobjekten, analog zu den Dienstleistungen, um ein Messverfahren für deren Qualität und die Ableitung eines möglicherweise jeweils erforderlichen Handlungsbedarfs. Die IPA bietet hierfür die notwendigen Grundlagen und ist im Umfeld der Qualitätsmessung etabliert. Folglich bietet sich die IPA als konzeptionelle Grundlage auch für die Analyse der Untersuchungsobjekte an. Dies erscheint auch deshalb angemessen, da es bezüglich der Untersuchungsobjekte ebenfalls um die „Zufriedenheit“ mit diesen „intern erbrachten Dienstleistungen“ geht.

Zudem ging Abschnitt 6.4.1 auf eine Klassifizierung von Verfahren nach *Hentschel* [Hen00] ein. Ein Merkmal hierbei ist, ob ein Verfahren auf Stärken und/oder Schwächen von Dienstleistungen fokussiert. Wobei ein Fokus auf mögliche Schwächen dabei hilft, Qualitätsprobleme gegenüber dem Kunden zu vermeiden. Andererseits ist auch der Fokus auf Stärken relevant, um sich auf bestimmte Vorteile der Leistungen zu fokussieren.[Siehe Hen00, S. 294-296] Mit der IPA könnten beide Ausrichtungen verfolgt werden, was wiederum für die flexible Analyse einer EA vorteilhaft ist. Die Analysen können dann nach individuellem Bedarf formuliert werden.

Häufig überwiegt jedoch die besondere Betrachtung der Schwächen, wie etwa beim IPA-Rating in Abschnitt 6.4.3 aufgezeigt. Dies zielt auf die Minimierung der Unzufriedenheit als strategisches Ziel ab [Siehe And77, S. 12]. Relevant ist dabei besonders die präzise Priorisierung der Maßnahmen, was von der IPA erfüllt werden kann [Vgl. Car+05, S. 332-335]. Für die EA-Analyse spielt diese eindeutige Priorisierung eine zentrale Rolle (siehe Abschnitt 7.1), was die Eignung der IPA weiter unterstützt.

Die Durchführung einer Priorisierung dient dabei der Entscheidungsunterstützung, jedoch nicht nur im Kontext der EA-Analyse. Auch etwa im Kontext des *Requirements Engineering* ist die Priorisierung von Anforderungen essenziell [Siehe PR10, S. 132 ff.]. Oft wird eine Anforderung unter anderem auch als *Capability* bzw. Fähigkeit bezeichnet, die für eine Problemlösung erforderlich ist, gemäß einer Vereinbarung erfüllt werden muss oder an eine Dienstleistung gestellt wird [Siehe PMI08, S. 421; Sowie erweitert durch siehe ISO10, S. 301]. Im übertragenen Sinne kann dies auch auf die Untersuchungsobjekte bezogen werden, da auch sie jeweils eine bestimmte Funktion oder Dienstleistung mit einem bestimmten Niveau erfüllen sollen. Die Ausführungen in [Siehe PR10, S. 132 ff.] zur Priorisierung geben somit auch Hinweise für die Priorisierung der Untersuchungsobjekte.

*Pohl* und *Rupp* [PR10] benennen einige Charakteristika in Bezug auf die Priorisierung von Anforderungen, worauf dieser Absatz beruht. Die Priorisierung kann sich dabei aus einem Kriterium oder mehreren Kriterien ergeben. Ebenso sind häufig verschiedene Stakeholder zu beteiligen. Außerdem sollten die Anforderungen ein vergleichbares Detailniveau besitzen, da es sonst zu Abweichungen in der Einschätzung kommen kann.[Zu diesem Absatz siehe PR10, S. 132-133]

Dieses sind Aspekte, die auch auf die Priorisierung der Untersuchungsobjekte zutreffen. Auch die Untersuchungsobjekte sollen ganzheitlich und aus verschiedenen Sichten mittels mehrerer Kennzahlen bewertet werden können. Zwangsläufig sind dabei auch verschiedene Stakeholder involviert. Ebenso sollte das ähnliche Detailniveau bei der Wahl der Untersuchungsobjekte (siehe Abschnitt 6.5.1) berücksichtigt werden. Wobei sich dies etwa im Beispiel der *Capabilities* oder Geschäftsobjekte oftmals durch die Ableitung der Elemente ergibt.

Bezüglich einer Priorisierung beschreiben *Pohl* und *Rupp* [PR10] verschiedene Techniken, worauf in diesem Absatz eingegangen wird. Die Techniken sind jeweils unterschiedlich aufwendig und je nach Konstellation unterschiedlich gut geeignet. Einfache Verfahren, etwa zur Klassifikation von Anforderungen, erfordern einen geringen Aufwand. Analytische Verfahren sind tendenziell aufwendiger, reduzieren dafür jedoch die Subjektivität bei der Priorisierung und liefern eventuell objektivere Resultate.[Zu diesem Absatz siehe PR10, S. 133-136]

Im klassischen Fall der IPA (siehe Abschnitt 6.4.2) erfolgt die Ermittlung der Werte in der Regel durch Befragung. Sowohl die Importance als auch die Einschätzungen der Performance sind somit subjektiv geprägt. Zudem können auch die multiattributiven Verfahren insgesamt als subjektiv eingeordnet werden [Siehe Hen00, S. 294-295]. Zu diesen kann das IPA-Rating gezählt werden, da wie in Abschnitt 6.4.3 aufgezeigt wurde, die Berechnung des Gesamtratings in Anlehnung an die multiattributiven Verfahren [Siehe Hen00, S. 297 ff.] auch auf Basis einzelner Attribute beruht. Positiv ist somit die Möglichkeit, die Qualität differenziert auf Basis von Qualitätsbetrachtungen einzelner Merkmale zu bestimmen, anstatt nur auf Basis einer abstrakten Qualitätsbewertung auf einem hohen Abstraktionsgrad.

Durch das Ausdrücken der einzelnen Kriterien im einheitlichen Bewertungsschema der Performance bzw. Dissatisfaction können die sonst unterschiedlichen Werte auf der gleichen Ebene kombiniert werden. Im Ergebnis kann für die berücksichtigten Aspekte ein Gesamtrating pro Untersuchungsobjekt gebildet werden, wie in Formel (6.3) im Abschnitt 6.4.3 ersichtlich ist. Im Gegensatz zu isolierten Analysen einzelner Domänen können somit mehrere erforderliche Sichten einer EA gleichzeitig und integriert einbezogen werden.

Ebenfalls ergibt sich durch die Analogie des IPA-Ratings zur Kategorie der analytischen Verfahren das Potenzial, die Subjektivität bei der Bewertung zu reduzieren und folglich diese objektiver zu gestalten, wenn z. B. subjektive Einschätzungen einzelner Betroffener entfallen. Dies ist wichtig, da viele Beteiligte und somit verschiedene Domänen ganzheitlich betrachtet werden und dabei Entscheidungsunterstützungen aus Gesamtsicht erfolgen sollen.

Wie in [Siehe Hen00, S. 295] hervorgehoben, kann die Verwendung spezifischer Indikatoren helfen, die Bewertung objektiver zu gestalten. Auf den Einsatz von Indikatoren, um Qualitätsbeurteilungen messbar und objektiver zu machen, wurde auch bereits in Abschnitt 6.4.1 mit Verweis auf die Ausführungen in [Siehe KG13, S. 263 ff.] hingewiesen.

Das IPA-Rating ermöglicht je nach Bedarf, subjektive und objektive Merkmale zu kombinieren. Die Auswertung der Untersuchungsobjekte kann somit objektiviert werden, was die Eignung der IPA für die EA-Analyse grundsätzlich befördert.

Gegenüber verschiedenen, analytischen Verfahren [Vgl. PR10, S. 133], ist der benötigte Aufwand bei der IPA vergleichsweise gering, wie die Vorstellung der Methode in Abschnitt 6.4.3 verdeutlichte. Dies kann für die Akzeptanz und Nutzung des Verfahrens in der Praxis wichtig sein.

Die Standardbetrachtung der IPA sieht die Verwendung von (subjektiven) Werten etwa aus Befragungen vor. Diesen Ablauf weitergedacht, ergibt sich jedoch das Potenzial der Ermittlung jener in das IPA-Rating eingehenden Werte mittels (automatisierter) Berechnung. Die Berechnung reduziert somit den benötigten Aufwand für die Ermittlung und Priorisierung des Bedarfs an Handlungen ebenso, wie die Objektivität weiter erhöht werden könnte.

*Hentschel* [Siehe Hen00, S. 301] weist des Weiteren darauf hin, dass Qualitätsmessungen durch die Aufteilung in die Bestandteile Importance und Performance verbessert werden können, wengleich dies einen erhöhten Aufwand bei der Ermittlung der Werte durch Befragungen bewirken könnte. Insofern sind diese beiden Aspekte auch für die IPA zutreffend. Wobei die bereits benannte Möglichkeit, die Performance- bzw. Dissatisfaction-Werte automatisiert zu

ermitteln, den Aufwand reduzieren würde. Dies schwächt somit den möglichen Nachteil der IPA hinsichtlich des Ermittlungsaufwands durch Befragungen ab.

Die explizite Berücksichtigung der Importance und Performance bei der IPA im Allgemeinen (siehe Abschnitt 6.4.2) bildet auch eine gute Grundlage für die Ableitung eines Handlungsbedarfs in einer EA. So kann ein Teilaspekt eines Untersuchungsobjekts als sehr wichtig eingestuft sein. Das rechtfertigt jedoch nicht alleine eine eventuelle Handlungsmaßnahme. Zugleich ist es erforderlich, die Performance bzw. die Dissatisfaction bezüglich dieses Teilaspekts (siehe Abschnitt 6.4.3) zu berücksichtigen. Andersherum gilt dies ebenfalls. Weist ein Untersuchungsobjekt bezüglich eines Merkmals eine schlechte Performance auf, dann lohnt eventuell keine Maßnahme, falls die Wichtigkeit zu gering wäre. Folglich ist es sinnvoll, beide Komponenten kombiniert zu betrachten.

Die multiattributiven Verfahren sind darüber hinaus dadurch geprägt, dass die Qualität aus Kundensicht betrachtet wird [Siehe Hen00, S. 294-295]. Das IPA-Rating besitzt mit seinen Komponenten Importance und Performance bzw. Dissatisfaction ebenfalls einen Fokus auf die Qualität aus Sicht des Kunden. Dies korrespondiert mit der zuvor dargestellten Interpretation, dass die Untersuchungsobjekte als Leistungen für „interne Kunden“ innerhalb des Unternehmens aufgefasst werden können. Folglich ist eine aus dieser internen Kundensicht getätigte Beurteilung der Untersuchungsobjekte geeignet, den Handlungsbedarf abzuleiten.

Bezüglich der Ausprägung der IPA eignet sich das IPA-Rating, wie es in Abschnitt 6.4.3 herausgearbeitet wurde. Bei der IPA-Matrix werden die Attribute visuell dargestellt und die Ableitung der Handlungsmaßnahmen erfolgt anhand deren Positionierung in der Matrix (siehe Abschnitt 6.4.2). Eine grafische Darstellung könnte jedoch unübersichtlich werden, wenn viele Untersuchungsobjekte visualisiert werden. Zudem stellt die klassische IPA-Matrix einzelne Merkmale dar, wohingegen es für die Untersuchungsobjekte angestrebt ist, die verschiedenen Merkmale zu einer Gesamtaussage auf Ebene der Untersuchungsobjekte zu verdichten.

Mit dem Rating sind demgegenüber genauere Analysen möglich. Zugleich kann ein Gesamtrating pro Untersuchungsobjekt ermittelt werden. Auch können die Werte z. B. übersichtlich in einer Tabelle dargestellt werden, wodurch eine eindeutige Priorisierung selbst bei vielen Untersuchungsobjekten leicht erkennbar ist. Durch die explizite Berücksichtigung der Unzufriedenheit (Dissatisfaction) ermöglicht das Rating die Fokussierung auf die schwach bewerteten Untersuchungsobjekte als erste Kandidaten für Handlungen.

Insgesamt zeigt sich, dass das Rating auf Basis der IPA eine grundlegende Eignung für die Nutzung im Rahmen der EA-Analyse aufweist. Dennoch sind Anpassungen und Anreicherungen notwendig, um das Potenzial für die EA-Analyse nutzbar zu machen und die Untersuchungsobjekte als Gegenstände der Qualitätsbetrachtung zu etablieren. Die Übertragung wird im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

### **7.3 Übertragung des IPA-Ratings auf die übergreifende EA-Analyse**

Im vorangegangenen Abschnitt 7.2 wurde die generelle Eignung der IPA zur Analyse einer EA aufgezeigt. Besonders die Ausprägung IPA-Rating (siehe Einführung in Abschnitt 6.4.3) bietet deutliche Vorzüge. Für die Analyse der integrierten EA-Datenbasis sind allerdings noch einige Erweiterungen der IPA erforderlich, die sich aus der vorherigen Betrachtung ableiten lassen. In diesem Abschnitt werden die Erweiterungen beschrieben.

Die klassische IPA basiert wie erwähnt auf Befragungen von Personen nach ihren subjektiven Einschätzungen und Meinungen (siehe Abschnitt 6.4.2). Beim hier vorgestellten EA-

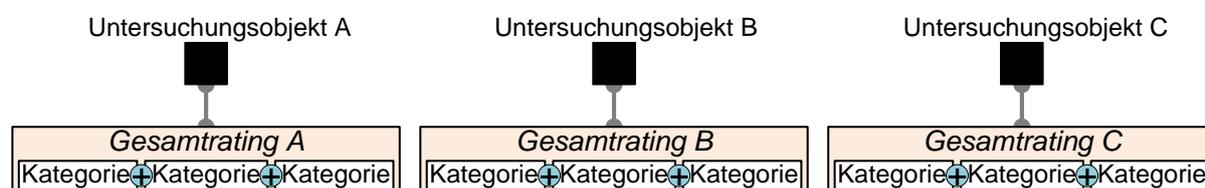
Analyseverfahren soll jedoch durch die Verwendung von (automatisiert) berechneten Werten für die Performance-Beurteilungen, die Ableitung des Handlungsbedarfs der einzelnen Untersuchungsobjekte stärker objektiviert werden. Gleichwohl können auch weiterhin Ergebnisse von subjektiven Befragungen als Performance-Werte in das Rating einfließen.

Die Berechnung der Performance-Werte soll dabei durch Kennzahlen beschrieben werden. Die Kennzahlen müssen nicht zwingend isoliert nach einzelnen Domänen berechnet werden, sondern können über (bisherige) Domänengrenzen hinaus alle zur Verfügung stehenden Informationen kombinieren. Da in der Datenbasis auch detaillierte Informationen vorgesehen sind, können die Kennzahlen komplexe, detaillierte Auswertungen vornehmen (siehe Abschnitt 6.1).

Eine andere signifikante Unterscheidung zwischen der klassischen IPA und ihrer Erweiterung in diesem Abschnitt ist der Bezug des Ratings bzw. Gesamtratings. In der IPA-Matrix-Ausprägung werden zu einer betrachteten Dienstleistung, deren Merkmale getrennt visuell dargestellt und zur Ableitung strategischer Aussagen genutzt (siehe Abschnitt 6.4.2). Erst in der Ausprägung IPA-Rating wird ein berechnetes Rating eingeführt (siehe Abschnitt 6.4.3). Meist jedoch ohne Berechnung eines Gesamtratings für die Dienstleistung insgesamt. In [Sil12b] erfolgt hingegen die Ermittlung eines Gesamtratings, wenngleich sich dieses nur auf den Vergleich von Teilgruppen einer Befragung bezieht und als Werte direkt die Punktwerte der zugrunde liegenden Skala verwendet werden [Siehe Sil12b, S. 11]. Mit der Formel (6.3) aus Abschnitt 6.4.3 wurde angelehnt an [Siehe KG13, S. 273], eine Berechnung des Gesamtratings für ein Betrachtungsobjekt als Summe der Einzelratings dieses Objekts beschrieben.

Im vorliegenden Ansatz werden die verschiedenen Einzelratings der unterschiedlichen Kennzahlen für ein Untersuchungsobjekt zusammengefasst, um eine Gesamtaussage für dieses Untersuchungsobjekt aus verschiedenen „Perspektiven“ (definiert durch die Kennzahlen) treffen zu können. Diese Berechnung eines Gesamtratings kann daher mit Blick auf die IPA als Erweiterung gesehen werden.

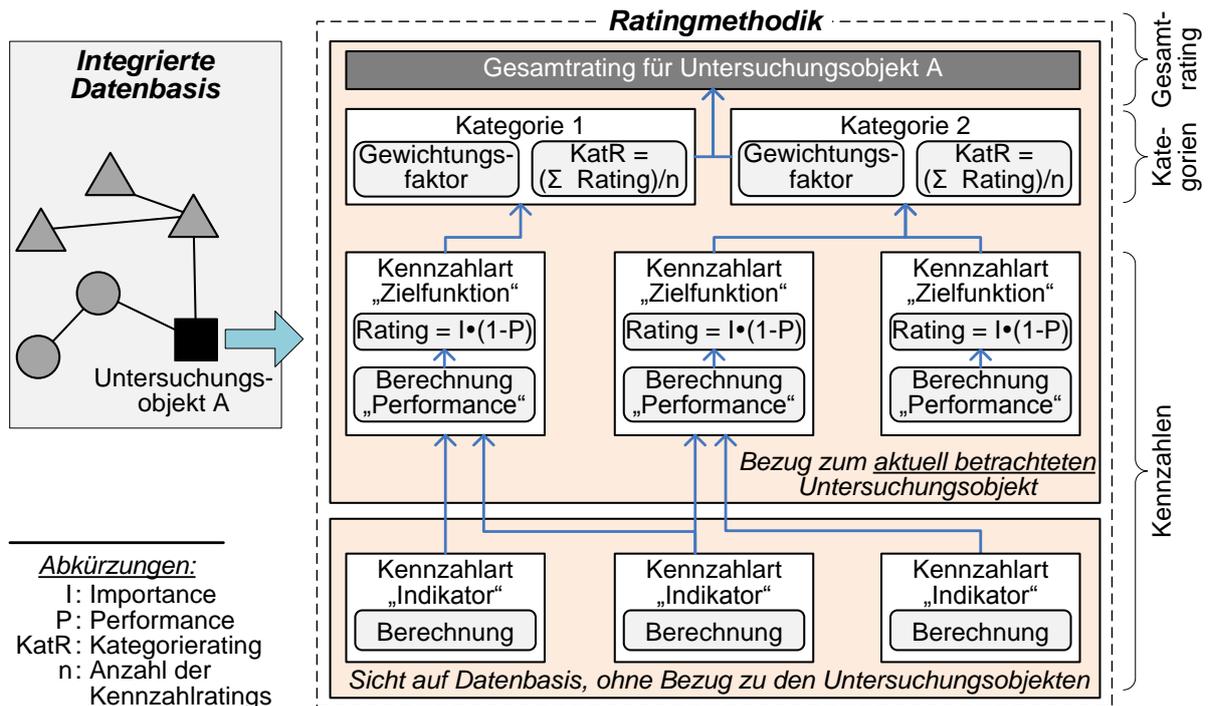
Abbildung 7.2 verdeutlicht auf einer hohen Abstraktionsebene das Grundprinzip des erweiterten Ratingansatzes. Es wird für jedes Untersuchungsobjekt in der integrierten Datenbasis ein individuelles Gesamtrating berechnet. Das Gesamtrating gibt jeweils einen Hinweis auf die Notwendigkeit eines Handlungsbedarfs. Zudem folgt daraus die Priorisierung, also welche Untersuchungsobjekte zunächst näher betrachtet werden sollten. Jedes Gesamtrating kann sich aus einem oder mehreren Teilratings zusammensetzen, die in Form von Kategorien definiert sind. Auch das stellt eine Erweiterung gegenüber dem IPA-Rating dar.



**Abbildung 7.2:** Individuelle Gesamtratings pro Untersuchungsobjekt (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 7.3 ist dargestellt, wie sich die vorliegende Ratingmethodik für die Analyse der integrierten EA-Datenbasis als Erweiterung des IPA-Ratings zusammensetzt. Im restlichen Teil dieses Abschnitts wird die Methodik anhand dieser Abbildung überblicksartig erläutert. In den nächsten Abschnitten wird auf die Methodik insgesamt, sowie insbesondere auf die Definition und Berechnung der Kennzahlen als zentrale Elemente der Analyse detaillierter eingegangen.

Wie Abbildung 7.3 verdeutlicht, werden drei Ebenen unterschieden. Das Gesamtrating bildet das Resultat für ein Untersuchungsobjekt. Die berechneten Kategorieratings (Teilratings) gehen



**Abbildung 7.3:** Überblick über die Erweiterung des IPA-Ratings für die Analyse der integrierten EA-Datenbasis (Quelle: Eigene Darstellung)

hierzu gewichtet in das Gesamtrating ein. Und schließlich gibt es auf unterster Ebene die Kennzahlen (Einzelratings), aus denen sich die Kategorieratings ergeben.

Es wird bereits deutlich, dass die Grundformel des IPA-Ratings (siehe Formel (6.2) aus Abschnitt 6.4.3)  $Rating = Importance \cdot (1 - Performance)$  eine wesentliche Basis für die Kennzahlberechnung darstellt. Gleichzeitig spielt auch die Formel (6.3) aus Abschnitt 6.4.3 zur Kombination der Einzelratings eine wichtige Rolle. Wobei sie an dieser Stelle noch nicht das endgültige Gesamtrating ergibt, sondern beim Kategorierating Anwendung findet:  $\frac{\sum Rating}{n}$ . Hinzugekommen ist somit eine zusätzliche Stufe gegenüber dem IPA-Rating. Ebenso stellt die Ausgestaltung der Kennzahlen, wie noch zu sehen sein wird, eine Neuerung gegenüber der IPA dar. Wie der Einsatz von Kennzahlen insgesamt.

Wie ebenfalls in der Abbildung 7.3 skizziert, werden zwei Arten von Kennzahlen unterschieden. Die erste Ausprägung wird im vorliegenden Ansatz als *Indikator* bezeichnet (in der Abbildung unten), die zweite Ausprägung wird als *Zielfunktion* bezeichnet (in der Abbildung mittig). Die Indikatoren sind Kennzahlen, welche global über die gesamte Datenbasis, losgelöst von einem einzelnen Untersuchungsobjekt, ermittelt werden. Ein Beispiel ist die Ermittlung der Anzahl aller vorhandenen Anwendungen. Die Darstellung verdeutlicht, dass ein Indikator aufgrund dieser Eigenschaft auch in mehreren Zielfunktionen verwendet werden kann. Gleichzeitig können Zielfunktionen auch mehrere Indikatoren nutzen. Eine Indikator-Kennzahl wird somit einmal berechnet und eventuell mehrfach verwendet. Eine Zielfunktion-Kennzahl wird hingegen für jedes Untersuchungsobjekt individuell berechnet. Sei angenommen, dass eine Zielfunktion die Anzahl der Prozesse als Ausdruck beinhaltet, dann bezieht sich dies nur auf diejenigen Prozesse, welche mit dem Untersuchungsobjekt in Beziehung stehen. Es werden somit nicht alle Prozesse in der Datenbasis allgemein betrachtet.

Für beide Kennzahlarten ist eine Berechnungsvorschrift vorgesehen. Der besondere Unterschied von Indikator und Zielfunktion ist jedoch die Nutzung des berechneten Wertes. Der

ermittelte Wert des Indikators wird als absoluter Wert vorgehalten und verwendet. Bei der Zielfunktion wird der berechnete Wert hingegen noch transformiert.

Der Begriff „Zielfunktion“ gibt bereits einen Hinweis auf die Anlehnung an die Disziplin „Operations Research“. Ein Teilbereich davon ist die lineare Optimierung. Gegenstand dieses Bereiches ist vereinfacht ausgedrückt, für eine in linearer Form gegebene Zielfunktion die jeweiligen Variablenwerte zu ermitteln, die einen maximalen bzw. minimalen Funktionswert ergeben und dabei gegebene Nebenbedingungen berücksichtigen [Siehe Hei07, S. 15 ff.].

Für den vorliegenden Ansatz wird übernommen, dass ein Maximum bzw. Minimum bei einer Funktion angestrebt wird. Die anderen Aspekte der linearen Optimierung spielen für den vorliegenden Ansatz keine Rolle. So sind alle Variablen mit konkreten Werten belegt und die Funktion somit vollständig gegeben. Auch Nebenbedingungen spielen keine Rolle.

Die Intention einer Zielfunktion-Kennzahl ist im vorliegenden Ansatz folgendermaßen zu verstehen. Eine Zielfunktion besitzt eine Berechnungsvorschrift mit Platzhaltern für variable Bestandteile. Zunächst ist sie lediglich eine abstrakte Kennzahlbeschreibung. Konkret wird sie durch den Bezug zu den Untersuchungsobjekten. Für jedes Untersuchungsobjekt wird die Zielfunktion einmal individuell berechnet, soweit möglich. Anders als bei der Indikator-Kennzahl wird der ermittelte absolute Wert anschließend relativ zu allen anderen Ergebnissen dieser Zielfunktion für die restlichen Untersuchungsobjekte betrachtet. Hierbei kann ein Ziel darin bestehen, dass der größte ermittelte Wert als das Optimum betrachtet werden soll, was unter allen Untersuchungsobjekten ermittelt werden konnte. Dies ließe sich als 100%-Zufriedenheit oder 100%-Erfüllung der Leistung interpretieren. Der kleinste unter allen Untersuchungsobjekten ermittelte Wert könnte dann als 0%-Zufriedenheit oder 0%-Erfüllung der Leistung interpretiert werden. Dabei bietet es sich an, diese beiden Extrema auf die Werte 1 bzw. 0 abzubilden. Alle anderen vorkommenden Werte zwischen den Extremwerten werden abhängig von ihrem Wert auf den Zahlenraum zwischen 0 und 1 verteilt.

Ebenso ist es denkbar, das Verhältnis umzukehren und den kleinsten Wert als die optimale Zufriedenheit auszuweisen. Etwa wenn es um die benötigte Zeit oder die erforderlichen Kosten geht, könnte eine Minimierung erstrebenswert sein. Gemäß dem IPA-Vorgehen (siehe Abschnitt 6.4.3) wird der kleinste Wert erneut auf 1 abgebildet, da es als 100%-Zufriedenheit oder 100%-Erfüllung der Leistung interpretiert wird. Der größte Wert wird dann entsprechend als 0%-Zufriedenheit oder 0%-Erfüllung der Leistung interpretiert und auf 0 abgebildet. Die übrigen Werte werden, wie zuvor auch, auf den Zahlenraum zwischen 0 und 1 verteilt.

Darüber hinaus gibt es eine dritte denkbare Ausprägung. Hierbei wird das berechnete Ergebnis der Berechnungsvorschrift direkt verwendet, wobei vereinfachend ein Resultat zwischen 0 und 1 angenommen sei. Dies stellt sicher, dass alle Ergebnisse der Zielfunktion-Kennzahlen innerhalb des gleichen Wertebereichs liegen. Einen Sonderfall würde etwa die Angabe eines Vergleichs zweier Teilausdrücke darstellen, bei dem das Ergebnis ein Wahrheitswert (wahr oder falsch) wäre. Trifft der Vergleich zu, so würde dies auf den Wert 1 (wahr, 100%-Erfüllung) abgebildet, sonst auf den Wert 0 (falsch, 0%-Erfüllung).

Diese zwischen 0 und 1 liegenden Werte entsprechen jeweils dem Performance-Wert der IPA (siehe Abschnitt 6.4.3). Dieser Wert wird anschließend entsprechend der Vorschrift beim IPA-Rating (siehe Formel (6.2) in Abschnitt 6.4.3) verwendet, um den Ratingwert der Zielfunktion-Kennzahl für das jeweils betrachtete Untersuchungsobjekt zu berechnen.

Die Zielfunktion-Kennzahlen sind wie eingangs erwähnt in Kategorien gruppiert. Indikator-Kennzahlen sind dort nicht enthalten, da nur die Zielfunktion-Kennzahlen einen konkreten Bezug zu einem Untersuchungsobjekt haben. Innerhalb einer Kategorie werden alle zugehörigen Zielfunktion-Ratings summiert und durch deren Anzahl geteilt. Dies entspricht der Formel zur

Berechnung eines Ratings aus verschiedenen Teilratings gemäß Formel (6.3) in Abschnitt 6.4.3. Daneben kann den Kategorien jeweils ein Gewichtungsfaktor zugewiesen werden.

Im vorliegenden Ansatz erfolgt zusätzlich die Zusammenfassung der Kategorieratings zu einem Gesamtrating für jeweils ein Untersuchungsobjekt. Hierzu werden die jeweiligen Kategorieratings mit ihrem Gewichtungsfaktor gewichtet und summiert. Das Ergebnis wird anschließend normiert, wodurch sich das Gesamtrating für ein Untersuchungsobjekt ergibt. Dieser Zusammenhang zwischen Kennzahlen und der Zusammenfassung zu Kategorie- und Gesamtratings stellt somit eine Weiterentwicklung der IPA-Ratingmethodik dar.

Für das Gesamtrating lässt sich zudem eine Angabe der Aussagefähigkeit ermitteln, welche z. B. die tatsächlich eingegangene Anzahl an Kennzahlen in das Gesamtrating eines Untersuchungsobjekts berücksichtigt. Damit kann etwa ausgedrückt werden, welcher Anteil von allen definierten Zielfunktion-Kennzahlen zur jeweiligen Aussage beigetragen hat. So könnten etwa Kennzahlen in den Kategorien enthalten sein, bei denen eine Berechnung nicht für jedes Untersuchungsobjekt möglich ist, weil z. B. mit dem Untersuchungsobjekt keine Anwendungen verbunden sind.

Im Ansatz zur EA-Analyse geht es um die Bewertung verschiedener Untersuchungsobjekte. Folglich werden alle Untersuchungsobjekte ausgewertet, um eine Vergleichbarkeit herzustellen. Durch die explizite Angabe der Aussagefähigkeit kann das Ratingergebnis eines Untersuchungsobjektes im Vergleich zu anderen Ratingergebnissen besser eingeordnet werden.

Damit steht pro Untersuchungsobjekt ein Gesamtrating zur Verfügung, woraus aus übergreifender Sicht eine eventuelle Notwendigkeit eines Handlungsbedarfs abgeleitet werden kann. Dies ermöglicht es, eine einzelne, konsolidierte Aussage für das Untersuchungsobjekt zu tätigen, unter Berücksichtigung aller beteiligten Kennzahlen und Kategorien. Es besteht das Ziel die Auswertung transparent und nachvollziehbar für alle Beteiligten durchzuführen, um am Ende ein gemeinsames Verständnis und einen Konsens über die im nächsten Schritt näher zu betrachtenden Untersuchungsobjekte zu erzeugen. Es soll damit vermieden werden, dass Entscheidungen ohne Berücksichtigung der Gesamtsicht erfolgen, etwa nur isoliert aus Sicht einer einzelnen Domäne. Dies könnte zu Ineffizienzen führen (siehe Abschnitt 7.1). Aus Sicht einer verbesserten Auswahl, auf Basis der Erfordernisse des Gesamtunternehmens, sind dann sinnvollerweise die Untersuchungsobjekte zu selektieren, für die am ehesten ein Handlungsbedarf durch das Gesamtrating angezeigt ist. Es ist zudem denkbar, auf das Detailniveau der Kategorien zu gehen, um differenziertere Aussagen zu einzelnen Teilratings von Untersuchungsobjekten zu erhalten.

Insgesamt stellt das in Abbildung 7.3 dargestellte und zuvor erläuterte Ratingverfahren eine deutliche Erweiterung der IPA durch neue Verfahrensbestandteile dar. Dazu zählt zunächst die automatisierte Berechnung der Performance-Werte. Ebenfalls ist die Einführung der Unterscheidung in zwei Kennzahlausprägungen, Indikator und Zielfunktion, mit ihren verschiedenen Bezügen zu den Untersuchungsobjekten, eine Erweiterung. Auch die Zuordnung der Zielfunktion-Kennzahlen zu Kategorien, mit Berechnung eines Kategorieratings und der anschließenden Berechnung eines übergreifenden Gesamtratings pro Untersuchungsobjekt, ist nicht Gegenstand bisheriger IPA-Ansätze.

Übernommen aus dem in Abschnitt 6.4.3 erläuterten Verfahren des IPA-Ratings wird die Nutzung von Grenzwerten zur Unterscheidung der Notwendigkeit eines Handlungsbedarfs. Es erscheint vorteilhaft, wie in [Siehe ETC10, S. 35] für den Praxiskontext geschildert, zwei Grenzwerte vorzusehen, um eine Abstufung nach der Intensität der Aufmerksamkeit zu ermöglichen. Diese können vorab definiert werden. Bei Bedarf könnten die beiden Grenzen auch dynamisch verändert werden. Es ergibt sich eine Einteilung in drei grobe Klassen zum Überblick über

den Handlungsbedarf, wodurch bereits eine erste strategische Aussage möglich wird. Etwa für welche Untersuchungsobjekte kein Handlungsbedarf aktuell erforderlich ist. Wohingegen die Untersuchungsobjekte der dringlichsten Klasse einen deutlichen Handlungsbedarf erkennen lassen. Damit ist eine Priorisierung aus ganzheitlicher Sicht möglich. Sie sagt aus, für welche Untersuchungsobjekte ein Handlungsbedarf zuerst berücksichtigt werden sollte, etwa durch eine Vorstudie (siehe Abschnitt 7.1). Dies kann durch die detaillierte Betrachtungsmöglichkeit der einzelnen Kategorien ergänzt werden.

Wenn die Untersuchungsobjekte mit einem dringenden Handlungsbedarf abgearbeitet wurden, könnte mit Untersuchungsobjekten fortgefahren werden, die einen mittleren Handlungsbedarf aufweisen. Dies ist jedoch individuell nach Verfügbarkeit der Ressourcen zu entscheiden.

Der bisher skizzierte Ansatz zur EA-Analyse kann als kompensatorisches Modell bezeichnet werden, da schlechtere Teilratings durch bessere Teilratings kompensiert werden können. Die Unterscheidung in nicht-kompensatorische und kompensatorische Modelle nach [Vgl. Hen00, S. 297 ff.; Siehe KG13, S. 404-405] wurde in Abschnitt 6.4.1 vorgestellt.

Optional könnte auch vorgesehen werden, dass einzelnen Zielfunktion-Kennzahlen eine kritische Grenze zugewiesen wird. Damit könnte unabhängig vom Gesamtrating und der Priorisierung ein dringender Handlungsbedarf ausgewiesen werden. Dies kann bei besonders relevanten Kennzahlen sinnvoll sein, z. B. in einem wirtschaftlichen oder gesetzlichen Kontext, um bei einem entsprechenden Ratingwert auf Kennzahlenebene einen unmittelbaren Handlungsbedarf für dieses Untersuchungsobjekt auszuweisen. Also auch dann, wenn der Gesamtratingwert sehr niedrig wäre. Dies entspricht der Aufnahme eines nicht-kompensatorischen Aspekts in die Ratingmethodik.

Die Aufnahme einer kritischen Grenze in die Auswertung beziehungsweise die Nutzung eines nicht-kompensatorischen Modells geht über das bisherige Vorgehen beim bestehenden IPA-Rating hinaus.

## 7.4 Definition von Kennzahlen und Kategorien

Die Grundlage des in dieser Arbeit skizzierten Analysevorgehens bilden Kennzahlen. Sie formulieren die Auswertungen. In diesem Abschnitt wird zunächst auf die Möglichkeiten zur Definition der Kennzahlen eingegangen. Anschließend wird erläutert, wie mehrere Kennzahlen zu Kategorien zusammengefasst werden können, wodurch sich Teilratings bilden lassen.

### 7.4.1 Kennzahlen definieren

In Abschnitt 6.5.2 wurde bereits im Rahmen der Gewichtung der Untersuchungsobjekte eine Berechnungsvorschrift vorgesehen. Für diese Vorschrift wurden neben grundlegenden mathematischen Operatoren und konstanten Werten, insbesondere Variablen als mögliche Bestandteile angenommen. Die Variablen waren in einem nachgelagerten Schritt für die Untersuchungsobjekte jeweils mit konkreten Werten zu belegen.

Berechnungsvorschriften kommen wie in Abschnitt 7.3 bereits erwähnt, auch bei den Kennzahlen zum Einsatz. Diese nehmen eine zentrale Rolle bei der Ermittlung der Ratings für die Untersuchungsobjekte ein. Es wurden zwei Kennzahlarten unterschieden. Einerseits die *Indikatoren*, deren Sicht global über die gesamte integrierte Datenbasis ist. Andererseits die *Zielfunktionen*, welche jeweils pro Untersuchungsobjekt individuell ermittelt werden. Sie berücksichtigen dabei nur Elemente, die in „logischer Beziehung“ zum jeweiligen Untersuchungsobjekt stehen. Aus den Resultaten der Zielfunktionen ergeben sich schließlich die Performance-Werte,

welche in die skizzierte Ratingmethodik eingehen. Die Performance wird somit im vorliegenden Ansatz durch Berechnung analytisch ermittelt.

Die Kennzahlen sollten dabei individuell beschrieben werden können. Dies ist erforderlich, da es eine große Vielfalt möglicher EA-relevanter Kennzahlen gibt. Abschnitt 3.2.3 hat hierzu einen Überblick über Sammlungen von verbreiteten Kennzahlen im EA-Umfeld gegeben. Ein Beispiel ist dabei der erwähnte „EAM KPI Catalog“ in [Siehe Mat+11]. Daneben wurde in Abschnitt 3.2.3 auch hervorgehoben, dass es domänenspezifische und branchenspezifische Kennzahlen geben kann, die bei der EA-Analyse Anwendung finden könnten. Für die vorliegende Arbeit ist es daher nicht zweckmäßig, eine Menge von Kennzahlen fest vorzugeben. Zusätzlich kann es unternehmenseigene Kennzahlen oder Berechnungen geben, die kurzfristig bzw. spontan eingebracht werden sollen. Daher sollten die Kennzahlen auch während der Nutzungsphase durch Anwender, die nicht über tief gehende IT- bzw. Programmierkenntnisse verfügen, definiert werden können. Damit kann ein Zeitverzug durch Einbeziehung einer Spezialabteilung vermieden werden. Zugleich wird eine fachliche Kontrolle ermöglicht. Die Kennzahlen sollten somit nicht fest auf Codeebene hinterlegt sein, sondern flexibel angepasst und beschrieben werden können. Art und Anzahl der Kennzahlen lassen sich somit nicht vorgeben.

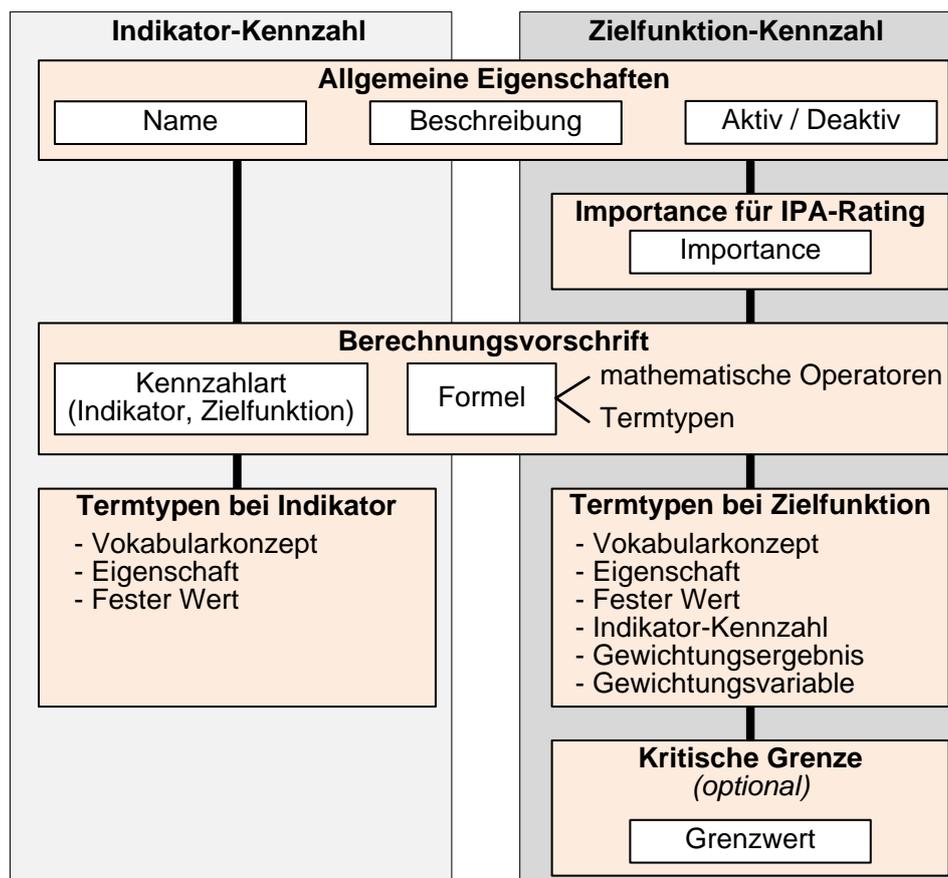
Dem Gedanken der integrierten Datenbasis (siehe Kapitel 5 und Bezug zur Analyse in Abschnitt 6.1) folgend, können Kennzahlen die Daten aller Teilbereiche beliebig kombinieren, ohne durch Domänengrenzen beschränkt zu sein.

Diese übergreifende Kombination von Informationen für kennzahlenbasierte Analysen einer EA stellt für die Forschung und Praxis gleichermaßen ein relevantes Gebiet dar, wie in Abschnitt 3.2.3 allgemein herausgearbeitet werden konnte. Mit Verweis auf [Vgl. BMS10, S. 404-405] wurde etwa hervorgehoben, dass oft ein Fokus nur auf der Berücksichtigung von einzelnen Kriterien liegt. Dies wird ebenso durch die Betrachtung der EA-Analyseansätze in Abschnitt 6.2 im Allgemeinen verdeutlicht. Auch der Grad der Unterstützung von EAM-Metriken durch Werkzeuge wurde bereits betrachtet (vgl. Abschnitt 3.2.3). Hierbei wurde auf die Studie von *Hauder, Roth, Schulz* und *Matthes* [Hau+13] eingegangen. Wesentliche Erkenntnisse sind dabei, dass Metriken in EAM-Werkzeugen verbreitet sind, aber die Definition individueller Metriken oft nur eingeschränkt möglich ist. So können oft nur einfache Vorschriften definiert werden oder es sind technische Kenntnisse erforderlich. [Siehe Hau+13] Mit diesem Gegenstandsbereich befasst sich der aktuelle Abschnitt. Es soll eine Beschreibung von fortgeschrittenen Berechnungsvorschriften flexibel ermöglicht werden.

Der vorliegende Ansatz ordnet einer Kennzahl im Rahmen deren Definition zunächst, unabhängig von der Art (Indikator oder Zielfunktion), allgemeine Attribute zu. Hierzu zählen zunächst der Name der Kennzahl sowie eine Beschreibung, die über Zweck und Aussage der Kennzahl informieren sollte. Zugleich ist es denkbar, dass einzelne Kennzahlen zeitweilig nicht beim Rating berücksichtigt werden sollen. Folglich ist dies bei der Kennzahl als spezifische Angabe vorzusehen. Dies sind allgemeine Eigenschaften der Kennzahlen, wie auch in Abbildung 7.4 im oberen Teil dargestellt ist.

Die erste Besonderheit der Zielfunktion-Kennzahlen ist die Angabe eines Wertes für deren Importance, wie sie in der IPA genutzt wird (siehe Abschnitt 6.4.2). Der Grund ist, dass die Zielfunktion-Kennzahlen eine ähnliche Rolle spielen, wie die Attribute oder Merkmale bei der IPA, für die entsprechende Ratings berechnet werden sollen. Für eine Indikator-Kennzahl ist keine Importance anzugeben, da sie kein Ratingergebnis liefert und lediglich in Zielfunktion-Kennzahlen eingeht.

Die Art der Ermittlung des Importance-Wertes sei nicht vorgeschrieben. In Anlehnung an das klassische IPA-Vorgehen könnten verschiedene Personen, hier etwa EA-Stakeholder, be-

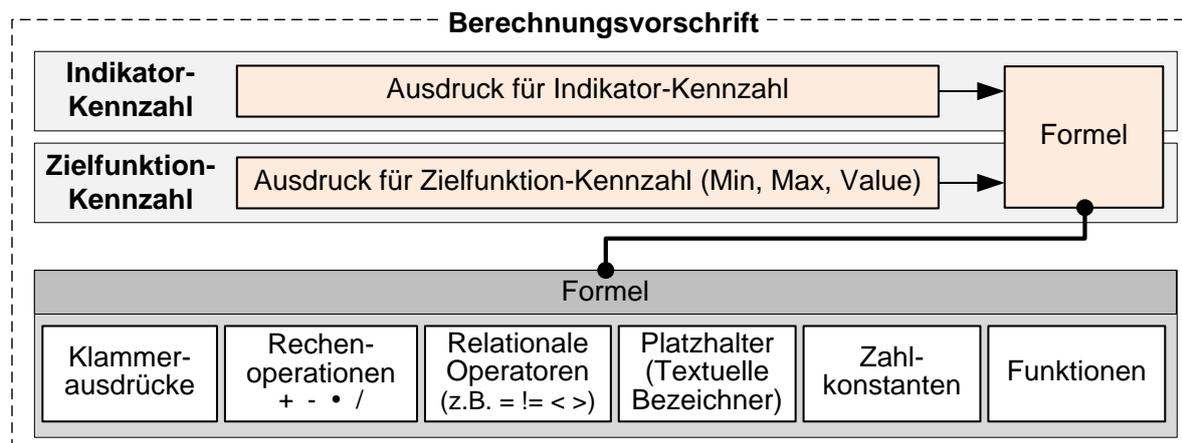


**Abbildung 7.4:** Der Aufbau der Kennzahlen unterscheidet sich je nach Kennzahlart (Indikator oder Zielfunktion) (Quelle: Eigene Darstellung)

fragt werden (siehe Abschnitt 6.4.2). Aus den Antworten könnte ein Importance-Wert ermittelt werden. Alternativ könnten andere Kriterien für die Wichtigkeit einer Kennzahl berücksichtigt werden. Wie in Abschnitt 6.4.2 jedoch hingewiesen wurde, wird in [Siehe Bac03, S. 65-68] das direkte Abfragen der Importance-Einschätzungen empfohlen.

Als Wertebereich der Importance-Angabe sind 0 % bis 100 % bzw. 0 bis 1 festgelegt, wie es beim IPA-Rating in der Praxis üblich ist (siehe Abschnitt 6.4.3). Analog zur IPA wird die Importance für jede Kennzahl unabhängig von den anderen Kennzahlen gewählt. Die Summe aller Importance-Angaben muss nicht 100 % bzw. 1 ergeben. Die Importance-Angaben können bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt verändert werden. Die Angabe ist Teil der Kennzahldefinition, wie in Abbildung 7.4 dargestellt.

Beiden Kennzahlarten gemein ist die Festlegung einer Berechnungsvorschrift, was ebenfalls in Abbildung 7.4 ersichtlich ist. Der grobe Aufbau dieser Berechnungsvorschrift ist in Abbildung 7.5 dargestellt. Zunächst beinhaltet die Berechnungsvorschrift einen Ausdruck zur Unterscheidung der vorliegenden Kennzahlart. Im Anschluss folgt die eigentliche Formel. Es sollten mindestens einfache arithmetische Ausdrücke abgebildet werden können. Hierzu gehören die grundlegenden mathematischen Operatoren (+, -, ·, /) sowie Klammersausdrücke zur expliziten Formulierung von Vorrangregeln. Zudem sind relationale Operatoren geeignet, um Teilausdrücke zu vergleichen. Die üblichen Operatoren hierzu beschreiben Vergleiche, ob ein Ausdruck verglichen mit einem anderen, gleich, ungleich, größer (gleich) oder kleiner (gleich) ist. Der resultierende Wahrheitswert ist zur weiteren Nutzung in einen Zahlwert umzuwandeln („falsch“ entspricht 0, „wahr“ entspricht 1). Des Weiteren existieren *Platzhalter*, die eine hervor-



**Abbildung 7.5:** Übersicht über den logischen Aufbau und die Bestandteile einer Kennzahl (Quelle: Eigene Darstellung)

gehobene Stellung einnehmen. Die Platzhalter können mit verschiedenen konkreten Termtypen belegt werden. Beispiele hierfür sind in Abbildung 7.4 bereits genannt. Ziel ist etwa der konkrete Bezug zu einem Konzept aus dem EA-Vokabular. Aufgrund der Relevanz dieser Termtypen wird nachfolgend genauer auf sie eingegangen. An dieser Stelle seien die Platzhalter als textuelle Bezeichner verstanden, deren Konkretisierung in einem zweiten Schritt erfolgt. Schließlich können feste Zahlen in die Berechnungsvorschrift integriert werden, ebenso wie Funktionen denkbar wären. Funktionen können Zahlenwerte auf Basis von Parametern liefern, welche dann in die Berechnung eingehen. Denkbar sind verbreitete Standardfunktionen, ebenso wie unternehmensindividuelle Funktionen.

Dieser generelle Aufbau ist für beide Kennzahlarten identisch. Lediglich die zur Verfügung stehenden Termtypen für die Platzhalter unterscheiden sich dabei, wie bereits in Abbildung 7.4 angedeutet ist.

Ausgehend von dem groben Aufbau sei nun genauer auf die Bestandteile einer Berechnungsvorschrift für eine Kennzahl eingegangen.

Zur Unterscheidung der Kennzahlart wird nachfolgend vereinfachend angenommen, dass die Berechnungsvorschrift mit einem Erkennungsmerkmal beginnt. Im einfachen Fall einer Indikator-Kennzahl (globale Sicht; kein Bezug zu einem einzelnen Untersuchungsobjekt) sei ein Gleichheitszeichen „=“ gewählt. Es folgt dahinter die eigentliche Formel.

Im Fall der Zielfunktion-Kennzahl gibt es die in Abschnitt 7.3 erläuterten Unterausprägungen, um die Zielsetzung der Kennzahl festzulegen. So werden zunächst die Maximierung und die Minimierung unterschieden. Erstere interpretiert den größten vorkommenden Wert als 100%-Erfüllung bzw. 100%-Zufriedenheit. Letztere interpretiert es genau anders herum. So wird der kleinste Wert als 100%-Erfüllung bzw. 100%-Zufriedenheit festgelegt. Die dritte Ausprägung übernimmt den berechneten Wert (Wertebereich zwischen 0 und 1) direkt.

Folglich ergeben sich in der Berechnungsvorschrift zur Unterscheidung dieser Ausprägungen drei feststehende Bezeichner, welche in der vorliegenden Arbeit vereinfacht wie folgt gewählt sind: „Max“ steht für die Maximierung, „Min“ steht für die Minimierung und „Value“ steht für die Übernahme des berechneten Wertes. Diese drei Bezeichner sind auch in Abbildung 7.5 notiert. Die Benennung der ersten beiden Ausprägungen ist an die lineare Optimierung angelehnt, einem Teilbereich des „Operations Research“, wobei dort keine einheitliche Notation etabliert ist [Stellvertretend hierzu vgl. ZS01; und vgl. Hei07].

Einen Sonderfall der Übernahme von einem ermittelten Wert („Value“) stellen die relationalen Operatoren dar, die abhängig vom Ergebnis des Vergleichs zweier Teilausdrücke einen Wert liefern.

Nach der Unterscheidung der Ausprägung folgt anschließend die eigentliche Formel, wie bereits bei der Indikator-Kennzahl. Das Entscheidende für den vorliegenden Ansatz ist hierbei nicht die Vorgabe einer definierten Syntax, sondern die Interpretation und Verwendung der enthaltenen Bestandteile. Dennoch sollte eine Syntax so gewählt sein, dass sie intuitiv genutzt werden kann. Hierzu könnte die bekannte Schreibweise mathematischer Ausdrücke übernommen werden. In der Formel können dann die zuvor genannten Bestandteile (u. a. mathematische Operatoren, Zahlwerte) verwendet werden.

Ein Kernmerkmal stellt wie erwähnt die Verwendung der Platzhalter dar. Verwandt mit einer Variablen, wird in der Formel kein konkreter Zahlwert eingetragen, sondern nur ein Element vorgesehen. Der genaue Inhalt wird erst in einem zweiten Schritt an diesen Platzhalter gebunden. Zur besseren Unterscheidung sollte ein Platzhalter innerhalb der Formel entsprechend gekennzeichnet und benannt sein. Der verwendete Name sollte den implizierten Inhalt des Platzhalters verständlich beschreiben, damit dies für alle Beteiligten nachvollziehbar ist.

Die Funktionen sollten durch ihren Funktionsnamen und den zugehörigen Argumenten benannt werden, wobei als Argumente vereinfacht wiederum Zahlen oder Platzhalter angenommen werden.

Nachfolgend wird ein Minimalbeispiel in einer üblichen Syntax zur Verdeutlichung vorgestellt. In der ersten Berechnungsvorschrift (7.1) wird eine Indikator-Kennzahl definiert, erkennbar am Gleichheitszeichen („=“) zu Beginn. Die Formel beinhaltet zwei Platzhalter, gekennzeichnet durch die geschweiften Klammern. Die Platzhalternamen implizieren die Intention, dass alle vorkommenden Personalkosten aus dem Bereich Geschäft und aus dem Bereich IT addiert werden sollen.

$$= \{Personalkosten\ Geschäft\} + \{Personalkosten\ IT\} \quad (7.1)$$

In der zweiten Berechnungsvorschrift (7.2) wird eine Zielfunktion-Kennzahl mit der Ausprägung „Minimum“ definiert, erkennbar am „Min“ zu Beginn. Es folgt mit „<-“ ein Trennzeichen vor der Formel. Die Formel beinhaltet auch zwei Platzhalter, wobei hier der Quotient gebildet werden soll. Wie die Platzhalter angeben, soll der Anteil der Personalkosten eines Untersuchungsobjektes an den Gesamtkosten (z. B. gegeben durch eine Indikator-Kennzahl) ermittelt werden. Die Annahme sei dabei, dass ein möglichst kleiner Wert erstrebenswert ist. Folglich die Zielrichtung „Minimum“.

$$Min <- \{Personalkosten\ Untersuchungsobjekt\} / \{Personalkosten\ Gesamt\} \quad (7.2)$$

Für die spätere Ausführung der Kennzahl ist die Angabe eines Termtyps für jeden Platzhalter erforderlich, um die Platzhalter zu konkretisieren. Dies geschieht bewusst in einem zweiten Schritt, um die Beschreibung der Berechnungsvorschrift möglichst einfach zu halten und die konkrete Festlegung der Termausprägung von der Formelbeschreibung zu entkoppeln.

Damit ist die Berechnungsvorschrift auch vom konkreten EA-Vokabular entkoppelt, da mit den Platzhaltern eine Indirektstufe etabliert wird. Die Formel soll auf logischer Ebene die Kennzahl beschreiben. Die Spezifikation der Termausprägung richtet sich an die Ausführung sowie an die Verbindung zum EA-Vokabular und erfolgt daher nachgelagert.

Optional könnten im Rahmen einer Werkzeugunterstützung z. B. auf Basis des angegebenen Namens vom Platzhalter, Vorschläge für den Termtyp und konkrete Bezüge zum EA-Vokabular gegeben werden.

Wie zuvor in diesem Abschnitt bereits erwähnt, gibt es für die Platzhalter verschiedene Termtypen, die in Abhängigkeit von der Kennzahlart (Indikator oder Zielfunktion) verwendet werden können. Abbildung 7.4 bietet hierfür eine Übersicht. Dies gilt ähnlich für mögliche Argumente von Funktionen, die auch ein Platzhalter sein können und somit durch einen der folgenden Termtypen konkretisiert werden können. Nachfolgend sei auf diese Termtypen näher eingegangen. Sie lassen sich dabei aus drei Kontexten ableiten. Ein erster Kontext betrifft Termtypen (Vokabularkonzept und Eigenschaft), die auf das EA-Vokabular bzw. die Datenbasis generell Bezug nehmen. Weitere Termtypen (Fester Wert und Indikator-Kennzahl) ergeben sich daraus, wie feste oder ermittelte Werte berücksichtigt werden können. Und schließlich lassen sich aus dem Kontext der eingeführten Gewichtung (siehe Abschnitt 6.5.2) zwei weitere Termtypen (Gewichtungsergebnis und Gewichtungsvariable) ableiten. Zunächst sei auf drei Termtypen eingegangen, welche für beide Kennzahlarten verfügbar sind:

**Vokabularkonzept** Mit diesem Termtyp ist ein direkter Bezug zum EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.1.1) möglich. Es kann ein beliebiger Begriff aus dem EA-Vokabular ausgewählt werden. Im Hintergrund entspricht dies der Festlegung auf eine bestimmte Ressource der Datenbasis, eindeutig identifiziert durch ihren IRI (siehe Abschnitt 4.3.1). Wobei das gewählte Konzept ein im Vokabular festgelegter Oberbegriff für verschiedene, spezifischere Unterbegriffe sein kann. Anstelle der konkreten Angabe einzelner Konzepte in mehreren Termtypen kann damit, unter Ausnutzung der in Abschnitt 4.3.4 erläuterten Inferenz, eine allgemeinere Angabe erfolgen. Durch die in Abschnitt 5.9.1.2 erläuterte Anreicherung des Vokabulars kann mittels Inferenz auf Basis der Nennung des Oberbegriffs auch auf Instanzen der spezifischeren Unterbegriffe geschlossen werden, auch wenn diese nicht explizit den Oberbegriff als Typ zugewiesen bekommen haben.

Die Festlegung eines Begriffs aus dem EA-Vokabular gibt den Typ derjenigen Instanzen aus der Datenbasis vor, welche für die Auswertung herangezogen werden sollen.

Wie zuvor erläutert, legt jedoch die Kennzahlart den Betrachtungsumfang der relevanten Instanzen fest. Bei einer Indikator-Kennzahl ist die Sicht global über die gesamte integrierte Datenbasis und somit über alle Instanzen des gewählten Typs. Bei der Zielfunktion hingegen ist die Sicht eingeschränkt auf jene Instanzen, die in logischer Beziehung mit dem jeweils betrachteten Untersuchungsobjekt stehen.

Kommen bei der Auswertung dieses Termtyps mehrere Instanzen infrage, so ist als Aggregationsform nur die Anzahl dieser Instanzen angemessen. Differenziert werden könnte einzig danach, ob Instanzen mehrfach eingehen können oder nur einmal gezählt werden sollen. Auch der Umgang mit gleichen Instanzen wäre festzulegen. Die Anzahl geht dann als Zahl bei der Auswertung in die Formel ein. Andere Aggregationsformen sind nicht sinnvoll, da auf dieser Ebene der direkten Selektion der Ressourcen, keine Informationen unmittelbar durch die Instanzen gegeben sind. Diese wären, siehe Abschnitt 4.3.1, durch die Formulierung entsprechender Statements mittels spezifischer Prädikate bzw. Eigenschaften an eine konkrete Instanz gebunden.

**Eigenschaft** Durch die Wahl dieses Termtyps liegt der Fokus nicht allein auf den Instanzen, sondern zusätzlich auf den für eine Instanz vorhandenen Eigenschaften bzw. Prädikaten. Somit ist für diesen Termtyp neben dem EA-Vokabularbegriff auch eine relevante Eigenschaft auszuwählen. Auch hier trifft wieder die Unterscheidung nach Indikator (globale

Sicht) und Zielfunktion (Sicht über je ein Untersuchungsobjekt) zu, was die infrage kommenden Instanzen entsprechend beeinflusst.

Außerdem sollte angegeben werden, wie die in der Datenbasis identifizierten Informationen zu der angegebenen Eigenschaft aggregiert werden sollen. Sofern mehrere Treffer bei der Auswertung des Termtyps gefunden werden. Hierzu seien in Anlehnung an die Abfragesprache SPARQL (siehe Abschnitt 4.3.5) und den Ausführungen dazu in [Siehe HS13] folgende Varianten vorgeschlagen: die Anzahl der Werte, die Summe aller Werte, die Ermittlung des kleinsten/größten Wertes oder die Bildung des Durchschnitts.

**Fester Wert** Eine dritte Variante, die für beide Kennzahlarten identisch ist, stellt die Angabe eines festen Zahlwertes dar. Dies kann sinnvoll sein, wenn dem Platzhalter zu einem späteren Zeitpunkt ein anderer Termtyp zugewiesen werden soll, aber dessen benötigte Informationen noch nicht in der Datenbasis vorliegen. Wie in Abschnitt 5.2.1 bei den Herausforderungen der EA-Erstellung aufgezeigt, kann sich die Zusammenstellung der EA durchaus verändern. Das skizzierte Vernetzungsvorgehen (siehe Abschnitt 5.7.1) erlaubt das nachträgliche Ergänzen ganzer Teilmodelle. Bis dahin kann der feste Zahlwert (z. B. Schätzwert) als Stellvertreter in der Formel genutzt werden.

Selbstverständlich könnte ein konstanter Zahlwert auch ohne Platzhalter direkt in die Formel eingesetzt werden. Andererseits besteht durch die Indirektstufe des Platzhalters die Möglichkeit, explizit die Bedeutung des Wertes in der Formel textuell anzugeben.

Die zuvor genannten Termtypen sind für beide Kennzahlarten einsetzbar. Es gibt drei weitere Termtypen, die wie in Abbildung 7.4 angedeutet nur für die Zielfunktion-Kennzahlen sinnvoll nutzbar sind. Auch diese sollen nachfolgend erläutert werden:

**Indikator-Kennzahl** Die Indikator-Kennzahlen haben wie erläutert eine globale Sicht auf die gesamte Datenbasis und keinen direkten Bezug zu nur einem Untersuchungsobjekt. Daher können sie vor den Zielfunktion-Kennzahlen berechnet werden. Somit stehen die Ergebnisse wiederverwendbar für die Nutzung innerhalb der Zielfunktion-Kennzahlen zur Verfügung. Für den Platzhalter kann somit eine Indikator-Kennzahl gewählt werden, deren Ergebnis in die Berechnung der Zielfunktion-Kennzahl eingeht.

Um bereits auf der logischen Ebene der Definition mögliche Zyklen und Abhängigkeiten zwischen Indikatoren-Kennzahlen auszuschließen, ist es nicht empfohlen, die Indikatoren-Kennzahlen zu schachteln. Daraus folgt, dass dieser Termtyp nicht für Berechnungsvorschriften der Ausprägung Indikator vorgesehen ist. Bei Bedarf könnten demgegenüber auch Indikator-Kennzahlen andere Indikatoren mittels eines Platzhalters referenzieren, wenn ein Umgang mit eventuellen Abhängigkeiten festgelegt ist.

**Gewichtungsergebnis** In Abschnitt 6.5.2 wurde die Festlegung einer Gewichtung für die Untersuchungsobjekte eingeführt. Durch diesen Termtyp können diese Gewichte in die Formel eingebunden werden. Bei Ausführung der Berechnung wird dann bei jedem Untersuchungsobjekt die individuelle Gewichtung berücksichtigt. Damit können Kennzahlen in Abhängigkeit von der Gewichtung eines Untersuchungsobjektes beschrieben werden.

Die Verwendung ist nur für Zielfunktion-Kennzahlen sinnvoll, da nur dort ein Bezug zu den Untersuchungsobjekten gegeben ist.

**Gewichtungsvariable** Schließlich ist es denkbar, die bei der Berechnung der Gewichtung definierten Variablen (siehe Abschnitt 6.5.2) auch in den Zielfunktion-Kennzahlen zu

nutzen. Die Variablen sind bereits mit Werten belegt und in der Datenbasis verfügbar. Dabei sind die Variablen und ihre Werte analog zum Gewichtungsergebnis, jeweils einem Untersuchungsobjekt individuell zugeordnet. Entweder explizit angegeben oder vererbt (siehe Abschnitt 6.5.2). Der Platzhalter verweist somit auf eine bestimmte Variable aus der Berechnungsvorschrift der Gewichtung.

Die Verwendung ist nur für Zielfunktion-Kennzahlen sinnvoll, da nur dort ein Bezug zu den Untersuchungsobjekten gegeben ist.

Wie bei den Erläuterungen zu den Termtypen ersichtlich, wird das EA-Vokabular als Grundlage für die Konzeptauswahl genutzt. Gemäß der Intention des EA-Vokabulars dient es als gemeinsame, übergreifende Sprachbasis (siehe Abschnitt 5.9.1.1) und ist daher für diesen Zweck vorgesehen. Folglich werden nicht direkt die Konzepte aus den Teilmodellen bzw. anderen Quellen genutzt.

Festzuhalten ist, dass die Definition der Kennzahlen unter Verwendung der üblichen mathematischen Schreibweise, kein tief gehendes, technisches Wissen erforderlich macht, wie es beim Schreiben von Code für Abfragen notwendig wäre. Dies ist hingegen oftmals bei anderen Ansätzen der Fall, wie die Übersicht über verwandte Ansätze in Abschnitt 6.2 aufgezeigt hatte.

Im vorliegenden Ansatz kann die Formel im Klartext formuliert und Platzhalter für komplexe Konstrukte innerhalb der Formel verwendet werden. Die Ausprägung der Platzhalter kann dann nachgelagert geschehen. Bei Nutzung der Klartextnamen von EA-Vokabularbegriffen sind zudem keine Spezialkenntnisse hinsichtlich des Semantic Web erforderlich. Es müssen keine IRIs direkt angegeben werden. Von der Umsetzung (siehe nachfolgender Abschnitt 7.5) kann zudem mittels dieses Vorgehens abstrahiert werden. So ist etwa die Umsetzung der einzelnen Termtypen in Konstrukte des Semantic Web gut automatisierbar, sodass kein manueller Eingriff erforderlich ist. Eine Nutzung von SPARQL kann daher transparent im Hintergrund erfolgen. Auf Ebene der Kennzahlen muss nur mit den Termtypen gearbeitet werden.

Einzig Besonderheiten bei der Definition einer Berechnungsvorschrift sind die Ausdrücke für die Kennzahlart sowie die Schreibweise der Platzhalter. Dies kann jedoch durch Festlegung einer entsprechenden Syntax variiert werden. Ebenfalls ist es möglich, die Kennzahlart anders zu spezifizieren. Die aktuelle Wahl in der vorliegenden Arbeit erfolgte aus Gründen der Nachvollziehbarkeit.

Die vorgenannten Termtypen leiten sich wie bereits erwähnt, aus verschiedenen Kontexten ab. Zudem ist diese Menge geeignet, um die vom Autor in der Praxis beobachteten Nutzungsfälle abzudecken. Weitere Ausprägungen von Termtypen sind möglich und können bei Bedarf ergänzt werden, um komplexere Kennzahlen abzubilden. Der Ansatz ist diesbezüglich nicht auf diese Termtypen beschränkt.

Als Beispiele seien folgende Erweiterungen kurz skizziert. Neben „Max“, „Min“ und „Value“ könnte es weitere Zielausprägungen geben, wie z. B. die Abbildung von Werten oder Intervallen auf den Bereich 0 bis 1. Damit könnten die Formelergebnisse gezielt auf den Wertebereich 0 bis 1 abgebildet werden.

Eine lineare Interpretation der Werte von schlecht bis gut sowie die entsprechende Abbildung auf 0 bis 1 stellt den einfachen Fall dar. Nach *Freter* [Siehe Fre79, S. 174-175] steigt bei einer solchen monoton ausgeprägten Präferenzstruktur die Präferenz bzw. Zufriedenheit mit einem Merkmal an, wenn auch die Ausprägung der Eigenschaft dieses Merkmals ansteigt. Daneben ist ein komplexeres Szenario denkbar, bei dem die Werte keinen einfachen, sich monoton entwickelnden Verlauf hinsichtlich der Einschätzung in schlecht bis gut darstellen [Siehe Fre79, S. 174 ff.; Siehe Hen00, S. 304]. Bei einem nicht-monotonen Verlauf kann es dazu kommen, dass

sowohl niedrigere als auch höhere Ausprägungen einer Eigenschaft eine geringere Präferenz haben, als eine mittlere Ausprägung [Siehe Fre79, S. 174-175].

Übertragen auf die vorliegende Ratingmethode und Kennzahldefinition kann daraus folgende Erweiterung abgeleitet werden. Eine mögliche Option wäre die Berücksichtigung, dass es einen idealen Bereich für eine Merkmalsausprägung gibt, umgeben von nicht-präferierten Ausprägungen an den Wertebereichsrändern. Sei hierzu eine Tätigkeit der Qualitätskontrolle als ein Beispiel angenommen, so darf diese nicht zu kurz dauern (mögliches Übersehen von Fehlern oder Problemen), aber auch nicht zu lange (ineffizient). Die Festlegung der Grenzen bzw. Übergänge ist individuell für das Merkmal bzw. die Kennzahl vorzunehmen. Im Endergebnis würde jedoch auch hier ein Mapping auf Werte des Bereichs zwischen 0 und 1 vorgenommen werden.

Eine weitere mögliche Modifikation ist die Berechnung absoluter Werte, die nicht auf den Wertebereich 0 bis 1 abgebildet werden bzw. aus diesem stammen müssen. Ein Anwendungsfall wäre die Summierung von Kosten oder Zeiten. Diese Aggregation würde für die Ebene der Untersuchungsobjekte erfolgen und hierfür jeweils ausgewiesen werden. Dieser Fall stellt jedoch einen Sonderfall der allgemeinen, hier vorgestellten Analysemethodik dar. Denn in diesem Fall würde nach der Ermittlung der Aggregationswerte die Berechnung beendet sein, wohingegen der skizzierte Analyseansatz noch das nachgelagerte Rating durchführt. Aus diesem Grund sei auf diese Modifikation nicht weiter eingegangen. Dennoch ist sie durchführbar und in der Praxis von Relevanz, wie etwa die Betrachtung allgemeiner Analyseansätze in Abschnitt 3.2.1 zeigt. Durch die ganzheitliche, integrierte Datenbasis ergibt sich für diese Art von Betrachtungen der Vorteil, Werte unterschiedlicher Domänen kombiniert zu betrachten.

Bei einer Werkzeugunterstützung ist es sinnvoll, auf Fehler in der Kennzahldefinition hinzuweisen. Ein Fehler bei der Definition sollte im Allgemeinen zum Ausschluss der Kennzahl aus der späteren Berechnung führen. Des Weiteren können Fehlerzustände identifiziert werden, welche eine Berechnung der Kennzahl verhindern. Trivial ist der Fall, dass ein oder mehrere Platzhalter nicht belegt oder deren Detailangaben nicht vollständig sind. Auch ein Fehlen einer referenzierten Indikator-Kennzahl würde dazu führen, dass die entsprechende Zielfunktion-Kennzahl nicht berechnet werden könnte.

In Abschnitt 7.3 wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, bei Zielfunktion-Kennzahlen optional eine kritische Grenze angeben zu können. So könnte unabhängig vom Gesamtrating ein dringender Handlungsbedarf angezeigt werden. In Abbildung 7.4 ist dies dargestellt und als optionale Ergänzung einer Zielfunktion-Kennzahl angedeutet. Das in diesem Kapitel skizzierte und am IPA-Rating angelehnte Verfahren liefert als Ergebnis Werte im Bereich zwischen 0 und 1. Folglich ist dies auch der Bereich für den Grenzwert. Wobei gemäß dem IPA-Rating hohe Werte eine (dringende) Aufmerksamkeit anzeigen. Der Grenzwert kann dabei individuell festgelegt werden und auch unterschiedlich je Zielfunktion-Kennzahl gewählt werden.

#### 7.4.2 Kategorien definieren

Neben den zuvor erläuterten Kennzahlen sind, wie in Abschnitt 7.3 bereits erwähnt wurde, auch die Kategorien für die Analysemethodik sehr relevant. Eine Kategoriedefinition umfasst dabei nur wenige Angaben, wie in Abbildung 7.6 visualisiert ist. Analog zu einer Kennzahl besitzt jede Kategorie einen individuellen Namen und eine ergänzende Beschreibung, damit der Zweck bzw. die Intention der Kategorie für alle Beteiligten verständlich ist.

Des Weiteren kann jeder Kategorie ein eigener Gewichtungsfaktor (z. B. 1 bis 10) zugewiesen werden. Damit kann ein Kategorieergebnis beim Eingang in das Gesamtrating eines Untersuchungsobjekts individuell gewichtet werden.

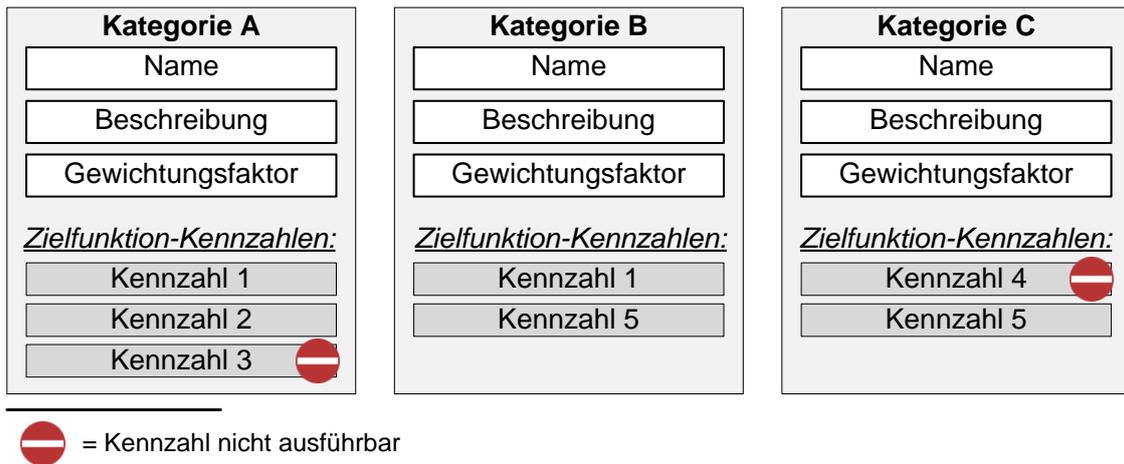


Abbildung 7.6: Logischer Aufbau der Kategoriedefinition (Quelle: Eigene Darstellung)

Eine Kategorie umfasst eine Menge von Kennzahlen. Es kommen nur Zielfunktion-Kennzahlen infrage, da diese einen konkreten Bezug zu den Untersuchungsobjekten haben. Die Indikator-Kennzahlen dienen wie skizziert nur als Hilfskennzahlen zur Berechnung von Werten für die Zielfunktion-Kennzahlen.

Es kann dabei Konstellationen geben, in denen eine Zielfunktion-Kennzahl in mehreren Kategorien enthalten ist (z. B. in der Abbildung 7.6 „Kennzahl 1“). Dies kann fachlich geboten sein, um etwa bestimmte Aspekte in mehreren Kategorien zu berücksichtigen.

Denkbar ist, dass die Kategorien vor jedem Berechnungslauf angepasst werden können und somit Kennzahlen auch kurzfristig hinzugefügt, entfernt oder verändert werden können.

Tritt bei einer Kennzahl eine der im vorherigen Abschnitt skizzierten Fehlersituationen auf, dann ist die Kennzahl zwar in der Kategorie enthalten, kann jedoch keinen Ratingwert liefern. Das Teilrating für die Kategorie würde somit ohne diese Kennzahl ermittelt werden. Im Falle einer Werkzeugunterstützung könnte auf diese Fehler hingewiesen werden. In Abbildung 7.6 sind dies die gesondert hervorgehobenen Einträge „Kennzahl 3“ und „Kennzahl 4“.

## 7.5 Berechnung und Interpretation des Ratings

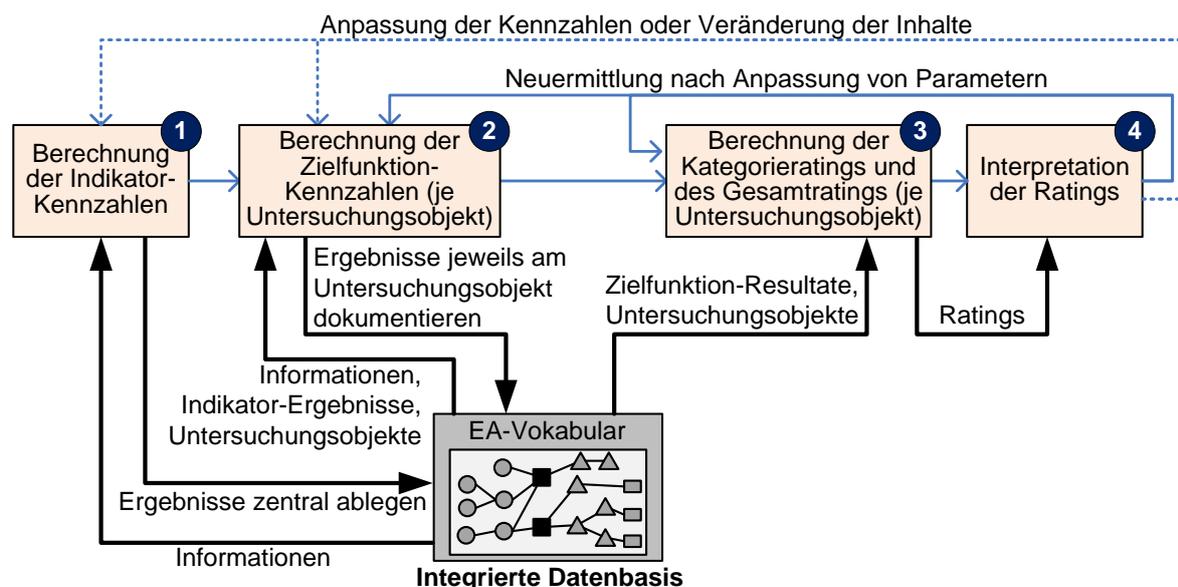
Im vorangegangenen Abschnitt 7.4 wurden die Möglichkeiten zur Definition von Kennzahlen (Indikator, Zielfunktion) und Kategorien erläutert. In diesem Abschnitt wird nun auf die Berechnung der Kennzahlen und Ratings fokussiert.

Die Erläuterungen beginnen mit Vorbetrachtungen zentraler Aspekte, welche für das allgemeine Verständnis der Berechnung relevant sind (siehe Abschnitt 7.5.1). Danach wird aufgezeigt, wie die Kennzahlen (siehe Abschnitt 7.5.2) sowie die Kategorie- und Gesamtratings (siehe Abschnitt 7.5.3) berechnet werden können. Der Abschnitt schließt mit der Erläuterung, wie die Ratings zu interpretieren sind (siehe Abschnitt 7.5.4).

### 7.5.1 Vorbetrachtungen zur Berechnung

Zu Beginn sei auf den groben Ablauf der Berechnung eingegangen. Wie bereits in Abschnitt 7.3 bei der generellen Übertragung des IPA-Ratings auf die vorliegende EA-Analysemethodik beschrieben, besteht die Methodik aus mehreren Schritten. Abbildung 7.7 skizziert diese verschiedenen Schritte und konkretisiert deren Zusammenwirken mit dem EA-Vokabular sowie mit der

integrierten Datenbasis. Die einzelnen Schritte umfassen spezifische Teilaufgaben, die nachfolgend erläutert werden. Wie in der Abbildung gezeigt, startet die Schrittfolge mit der Berechnung der Indikator-Kennzahlen. Sie haben keinen Bezug zu einzelnen Untersuchungsobjekten, sondern werden über die gesamte Datenbasis ermittelt (siehe Abschnitt 7.4.1). Entsprechend gehen die Informationen ohne Beschränkung auf einzelne Untersuchungsobjekte in die Ermittlung ein. Die Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen werden zentral in der Datenbasis in Form von RDF-Statements (siehe Abschnitt 4.3.1) abgelegt, analog zu den anderen Informationen. Damit können diese neuen Informationen in der gleichen Art genutzt werden, wie die bereits in der Datenbasis befindlichen Informationen.



**Abbildung 7.7:** Die Ermittlung des Ratings erfolgt in vier Schritten (Quelle: Eigene Darstellung)

Im zweiten Schritt gehen neben den Informationen aus der Datenbasis, auch die Indikator-Ergebnisse in die Berechnung der Zielfunktion-Kennzahlen ein. Ergänzt um die konkreten Untersuchungsobjekte. Dies ist auch in Abbildung 7.7 skizziert. Wie erläutert, werden die Zielfunktion-Kennzahlen für jedes Untersuchungsobjekt individuell berechnet, wodurch jeweils ein spezifischer Ausschnitt aus der Datenbasis betrachtet wird. Durch den Bezug zu jeweils einem Untersuchungsobjekt werden die Kennzahlergebnisse in der Datenbasis direkt am betreffenden Untersuchungsobjekt dokumentiert. Dies erfolgt auch in Form von RDF-Statements. Sowohl bei der Berechnung der Indikator- als auch der Zielfunktion-Kennzahlen erfolgt der Zugriff auf die Datenbasis unter Verwendung der im EA-Vokabular genannten Konzepte.

Im dritten Schritt erfolgt die Berechnung der Ratings. Zunächst werden dazu die Kategorieratings für jeweils ein Untersuchungsobjekt berechnet und diese dann zum Gesamtrating des Untersuchungsobjekts aggregiert. Die Berechnung basiert dabei wie in der Abbildung 7.7 entsprechend angedeutet, auf den Ergebnissen der Zielfunktion-Berechnungen. Die ermittelten Ratings brauchen dabei nicht zwingend in die Datenbasis aufgenommen zu werden, sondern können direkt im letzten Schritt interpretiert werden. Wie im Abschnitt 7.3 erläutert, kann daraus etwa eine Priorisierung abgeleitet werden, welche Untersuchungsobjekte zuerst näher zu betrachten sind, bezüglich der durch die Kennzahlen manifestierten Analyseaspekte.

Durch Anpassung von Parametern (z. B. Importance einzelner Kennzahlen, Gewichte von Kategorien, Grenzwerte bei der Interpretation) kann eine Neuermittlung des Ratings erforderlich werden. Abhängig von den geänderten Parametern beginnt die Neuberechnung beim zweiten

oder dritten Schritt. Werden etwa nur die Kategoriegewichte geändert, so hat dies keinen Einfluss auf die Zielfunktion-Kennzahlen. Sie müssen daher nicht neu berechnet werden und die Schrittfolge kann beim dritten Schritt neu starten. Es können somit die in der Datenbasis abgelegten Resultate der Zielfunktionen unverändert genutzt werden, um die Ratings zu ermitteln. Damit ist es für die Beteiligten ohne vollständige Neuberechnung der Kennzahlen möglich, die Auswirkungen unterschiedlicher Präferenzen auf die Gesamtratings durch Variation der Kategoriegewichte zu beobachten. Verändern sich hingegen die Inhalte der Domänenmodelle oder die Berechnungsvorschriften der Kennzahlen, dann ist eine vollständige Neuberechnung erforderlich. Die Schrittfolge startet somit wieder beim ersten Schritt. Dies ist auch in Abbildung 7.7 dargestellt.

Aufgrund der zentralen Bedeutung der Kennzahlen für die vorliegende Methodik wird an dieser Stelle genauer auf sie eingegangen. Im Abschnitt 7.4.1 wurde bisher allgemein gezeigt, wie sich Kennzahlen definieren und ihre Berechnungsvorschriften beschreiben lassen.

Wie in Kapitel 5 hergeleitet, basiert die integrierte Datenbasis auf Technologien des Semantic Web. Folglich erscheint es geeignet, die Berechnungsvorschriften der Kennzahlen ebenfalls mit diesen Technologien abzubilden. Es wurden bereits zwei Technologien vorgestellt, mit denen neues Wissen aus bestehendem Wissen abgeleitet werden kann. Im Abschnitt 4.3.4 wurden zunächst die Inferenzregeln erläutert. Des Weiteren wurde mit SPARQL (siehe Abschnitt 4.3.5) ein Semantic-Web-Standard für Anfragen und Manipulation von Daten erläutert. Wie bereits erwähnt, können umfangreiche Abfragen mit SPARQL<sup>1</sup> definiert werden. Zudem können auch Gruppierungen und Aggregatfunktionen sowie die grundlegenden arithmetischen Operatoren genutzt werden [Siehe HS13].

Im Rahmen der Ausführung der Mappings (siehe Abschnitt 5.9.4.5) boten sich Inferenzregeln als eine geeignete Wahl an. Die Regelformulierung konnte die Mappingdefinitionen abbilden. Alle überführten Regeln konnten zusammen mit den Standard-RDFS-Regeln an einen Reasoner zur Ableitung des neuen Wissens weitergereicht werden.

Die Kennzahlen für die Analyse können möglicherweise komplex strukturiert sein sowie arithmetische Operatoren und Aggregatfunktionen verwenden. Daher bietet sich SPARQL zur Umsetzung der Berechnungsvorschriften an. Zumal von den wesentlichen Vorzügen des Semantic Web profitiert werden könnte und gleichzeitig die Erstellung der SPARQL-Abfragen transparent im Hintergrund erfolgen würde. Die beteiligten Personen würden auf Ebene der zuvor erläuterten Kennzahldefinitionen die Berechnungsvorschriften beschreiben. Die Übersetzung in SPARQL-Abfragen kann danach automatisiert im Hintergrund durchgeführt werden. Die beteiligten Personen benötigen damit nicht die technischen Kenntnisse zur Erstellung von solchen (komplexen) Abfragen. Folglich sei angenommen, die Umsetzung der Berechnungsvorschriften erfolgt mittels SPARQL.

In einer konkreten technischen Umsetzung der Methodik könnten auch andere Technologien als SPARQL zum Einsatz kommen, wenn dies geeigneter erscheinen würde. SPARQL bietet jedoch mit den CONSTRUCT-Abfragen (siehe Abschnitt 4.3.5) die Möglichkeit, neue Statements zu erzeugen, deren Informationen durch Abfragen selektiert oder mit Operatoren und Funktionen erzeugt wurden.

Wie in Abschnitt 6.1 erläutert, besteht ein Ziel der Methodik darin, dass aus den Quellmodellen weitgehend detaillierte Informationen zu Elementen und Verbindungen in die Datenbasis einfließen. Die Datenbasis kann dadurch auch Elemente und Verbindungen beinhalten, die eventuell nicht Teil des Alignments mit dem EA-Vokabular sind. Dennoch sollen diese Pfade bei

<sup>1</sup>An dieser Stelle und im Folgenden sei mit SPARQL die Version SPARQL 1.1 [Siehe HS13] bezeichnet.

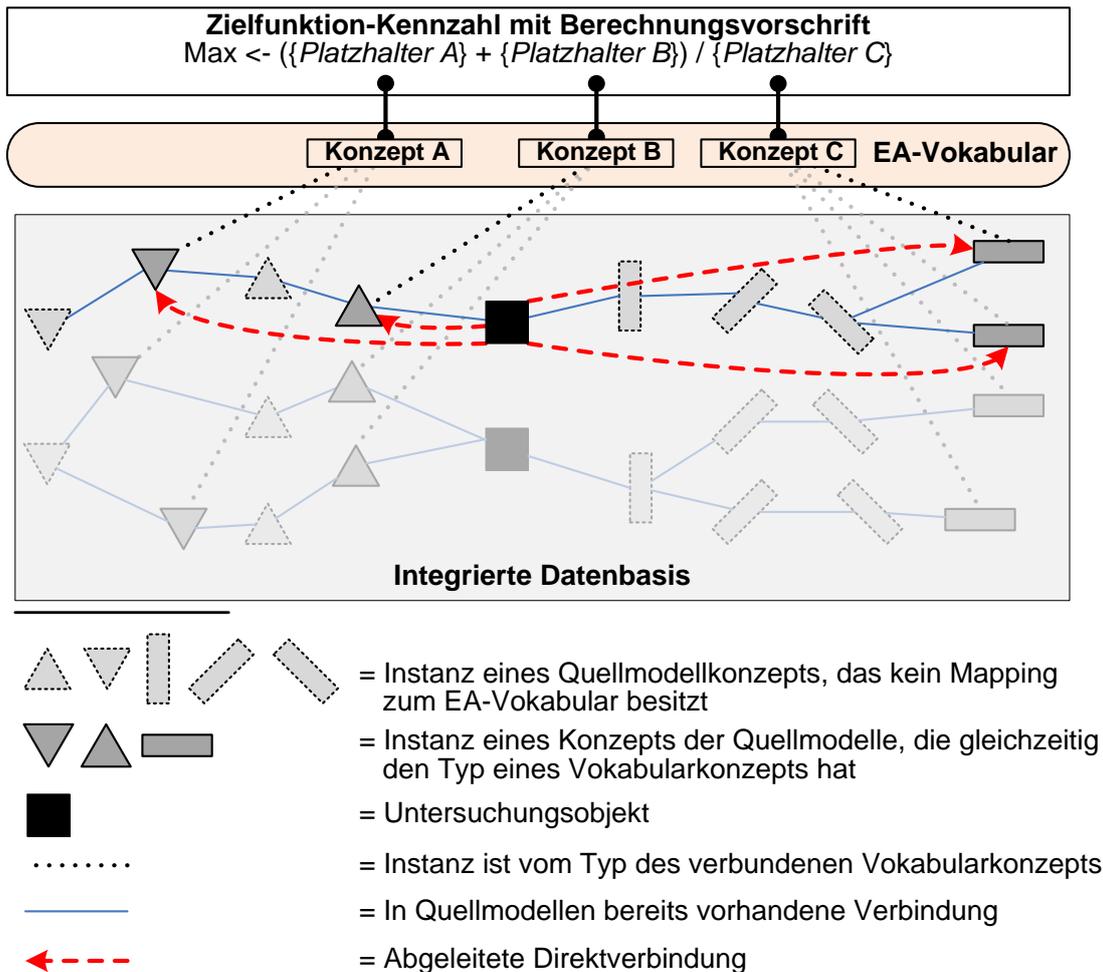
Abfragen transparent im Hintergrund durchlaufen werden können, um etwa zu einer Instanz zu gelangen, deren Typ Teil eines Mappings mit dem Vokabular ist. Dieses Szenario sowie die Flexibilität hinsichtlich der genutzten Quellmodelle und des EA-Vokabulars führen dazu, dass vorab kein Wissen über die vollständige Graphstruktur vorliegt. Dadurch hat der Ansatz keine unmittelbaren Kenntnisse über einen gesamten Pfad und seine Teile (d. h. Ressource zu Ressource oder Ressource zu Literal). Der Umgang mit Pfaden unbekannter Länge und Struktur ist dadurch im vorliegenden Ansatz ein relevanter Aspekt, der auch eine entsprechende Berücksichtigung finden muss.

Bei der Berechnung der Kennzahlen ist damit zu beachten, dass die Pfade und deren Längen, z. B. zwischen den Untersuchungsobjekten und konkreten Instanzen, nicht vorgegeben sind. Somit ist es vorab notwendig, ausgehend von den Untersuchungsobjekten entsprechende Verbindungen zu Instanzen abzuleiten, deren Konzepte in den Berechnungsvorschriften der Kennzahlen verwendet werden. Denn bezüglich der Untersuchungsobjekte sollen jeweils diese Instanzen bzw. deren Werte in den Zielfunktion-Kennzahlen berücksichtigt werden.

Dieses Vorgehen ist in Abbildung 7.8 veranschaulicht. Die Berechnungsvorschrift einer Zielfunktion-Kennzahl beinhaltet im dargestellten Beispiel drei Platzhalter. Die gewählten Termtypen (siehe Abschnitt 7.4.1) sollen bestimmte Konzepte des EA-Vokabulars referenzieren. Durch das bereits erstellte Alignment zwischen Quellmodellen und EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.3.2) haben die beteiligten Instanzen das jeweilige EA-Vokabularkonzept als weiteren Typ erhalten, neben den bereits im Quellmodell festgelegten Typzuordnungen. Die Vokabularkonzepte dienen somit als Referenzpunkte in die Datenbasis hinein und machen wie in Abbildung 7.8 angedeutet, die jeweiligen Instanzen zugreifbar. Damit sind auch Informationen aus mehreren, unterschiedlichen Quellmodellen in der Datenbasis über vergleichbare Themenbereiche gleichartig referenzierbar.

Werden solche Konzepte in den Kennzahlen genutzt, dann sind bei Berechnungen die jeweiligen Instanzen zuzugreifen. Aber wie zuvor erläutert und in der Abbildung 7.8 dargestellt, existieren mitunter keine direkten Verbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und den für das betrachtete Konzept relevanten Instanzen. Dies ist etwa in der rechten Bildhälfte angedeutet, wo es zunächst von den Untersuchungsobjekten keine direkten Verbindungen zu den dunkelgrauen Rechtecken (Instanzen) gibt. Es gibt aber Pfade über Instanzen, deren Konzepte keine Mappings zu Vokabularkonzepten besitzen, und deren Zwischenverbindungen beliebig sein können. Eine wesentliche Teilaufgabe vor der Berechnung der Kennzahlen ist daher die Ableitung jener Verbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und den mit ihnen über Zwischenstationen in Beziehung stehenden, entfernten Instanzen. Im einfachsten Fall gibt es bereits direkte Verbindungen in der Datenbasis. Ein Beispiel hierfür ist etwa die Verbindung in der linken Bildhälfte von Abbildung 7.8 zum dunklen Dreieck mit der Spitze nach oben. Wohingegen Instanzen anderer Typen, wie die in Abbildung 7.8 skizzierten, umgedrehten Dreiecke ganz links, nur über verschiedene Zwischenstufen ausgehend von den Untersuchungsobjekten erreichbar sind. Die detaillierten Informationen, welche in die Datenbasis übernommen wurden, aber nicht explizit gemappt wurden, sind damit hilfreich bei der Bearbeitung komplexer Abfragen.

Diese Ableitung von Verbindungen ist somit eine wesentliche Grundlage des Vorgehens. Im Ergebnis werden die in der Abbildung 7.8 dargestellten, gestrichelten Pfeile als Direktverbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und den konkreten Instanzen abgeleitet. Dabei geht es darum, ausgehend von einem Untersuchungsobjekt nur solche Instanzen eines Konzepts zu identifizieren, die mit diesem Untersuchungsobjekt in einem näheren Beziehungszusammenhang stehen. Im Abschnitt 7.5.2.1 wird hierauf aufgrund der Relevanz detailliert eingegangen.



**Abbildung 7.8:** EA-Vokabularkonzepte als Referenzpunkte in die Datenbasis hinein und als Unterstützung bei der Ableitung von Verbindungen (Quelle: Eigene Darstellung)

Bei der Ableitung der Verbindungen können verschiedene Annahmen zugrunde gelegt werden, um trotz der unbekanntem Struktur, die relevanten Instanzen zu identifizieren. Ein Beispiel könnte etwa sein, bestimmte Prädikate bei der Verbindungssuche zu ignorieren und somit jene Pfade nicht weiter zu verfolgen, um keine irrelevanten Instanzen zu liefern.

Eine weitere Annahme kann die Berücksichtigung der kürzesten Entfernung zwischen dem Untersuchungsobjekt und den jeweils gefundenen Instanzen sein, um relevante Verbindungen zu identifizieren. Das Verfahren soll verhindern, dass Instanzen ungewollt über implizite Querverbindungen einem Untersuchungsobjekt zugeordnet werden, obgleich kein näherer, inhaltlich begründeter Bezug besteht. An dieser Stelle ist der Einsatz verschiedener, alternativer Verfahren möglich. Dies wird nicht durch die vorliegende Arbeit vorgegeben. Vielmehr kann dies ein Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten sein, um Verfahren hierfür zu erarbeiten, die möglicherweise unterschiedliche Abwägungen zwischen Aufwand und Performance aber auch Vollständigkeit berücksichtigen, oder die eventuell Kontextwissen einbeziehen.

Insgesamt setzt die vorliegende Analysemethodik wenig Informationen über die zugrunde liegende Struktur der Daten als gegeben voraus, um weitgehend generisch zu funktionieren. Der Ansatz kann sich spezifischer verhalten und unter Umständen optimiert ablaufen, wenn mehr Informationen über die Struktur explizit bekannt sind und die Semantik in den Interaktionen berücksichtigt werden kann. So könnten etwa Verbindungen eine besondere Semantik besitzen,

was die Abfragen berücksichtigen sollten. Dies reduziert jedoch unter Umständen die Flexibilität des Ansatzes. Die Nutzung der Technologien des Semantic Web bietet gerade an dieser Stelle eine große Flexibilität im Umgang mit den zugrunde liegenden Daten, worauf der Ansatz beruht. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Ansatz auf allgemeinem Niveau zu beschreiben, was eine generelle Einsetzbarkeit ermöglicht.

Es sei abschließend auf die in Abschnitt 4.3.4 angesprochene Unterscheidung nach Open World Assumption und Closed World Assumption eingegangen. Nach *Fensel, Facca, Simperl* und *Toma* [Siehe Fen+11, S. 94] impliziert RDFS keine Festlegung, welche der beiden Annahmen gilt, sodass eine Anwendung individuell für sich die verwendete Annahme festlegen kann. Die integrierte Datenbasis basiert, wie in Abschnitt 5.9.4 erläutert wurde, auf RDFS, sodass dementsprechend keine der beiden Annahmen fest vorgegeben ist und eine spätere Realisierung dies bei Bedarf eigenständig festlegen kann. Für die Auswertung der Kennzahlen sei jedoch nachfolgend vereinfachend angenommen, dass die Berechnung nur jene Informationen berücksichtigt, welche aktuell in der Datenbasis vorliegen und darüber Aussagen trifft.

## 7.5.2 Berechnung der Kennzahlen

Wie allgemein in der Vorbetrachtung beschrieben, beziehen sich die beiden ersten Schritte der Ratingmethodik auf die Berechnung der Kennzahlen. Begonnen wird mit den Indikator-Kennzahlen. Diese haben keinen Bezug zu einem einzelnen Untersuchungsobjekt, sondern ermitteln ihre Ergebnisse über die gesamte Datenbasis hinweg. Es folgt danach die Berechnung der Zielfunktion-Kennzahlen, damit die Resultate der Indikator-Kennzahlen verwendet werden können. Eine beschriebene Zielfunktion-Kennzahl wird pro Untersuchungsobjekt individuell berechnet, sodass jedes Untersuchungsobjekt ein eigenes Ergebnis erhält. In diesem Abschnitt soll nun beschrieben werden, wie die Berechnung dieser beiden Kennzahlarten erfolgen kann.

Durch die Ähnlichkeit bei der Berechnung, ausgenommen der abweichende Fokus auf Untersuchungsobjekte, erfolgt eine kombinierte Betrachtung für beide Kennzahlarten. Auf Spezifika wird gesondert hingewiesen.

In den Vorbetrachtungen wurde erläutert, dass die Resultate beider Kennzahlarten als neue Statements in der Datenbasis abgelegt werden. Aufgrund dessen sollten bestehende Ergebnisse vor einem neuen Berechnungslauf entfernt werden. Vereinfacht ausgedrückt ist derjenige Teilgraph aus der Datenbasis zu entfernen, welcher die Resultate der Indikator- und Zielfunktion-Kennzahlen beinhaltet.

### 7.5.2.1 Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und Instanzen ableiten

Die Vorbetrachtungen in Abschnitt 7.5.1 haben die Relevanz aufgezeigt, direkte Verbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und bestimmten Instanzen abzuleiten. Es sind dabei nur Instanzen derjenigen Typen relevant, welche einem Vokabularkonzept entsprechen und in einem Termtyp innerhalb einer Zielfunktion-Kennzahl verwendet werden. Zugleich sollen sie aufgrund ihrer Verbindungen dem jeweiligen Untersuchungsobjekt begründbar zugeordnet werden können. Nicht in Termtypen von Zielfunktion-Kennzahlen verwendete Konzepte gehen hingegen nicht in eine spätere Berechnung der Kennzahlen ein. Insofern kann an dieser Stelle Aufwand zur Ermittlung dieser Verbindungen reduziert werden.

Es könnten jedoch bewusst Verbindungen für Konzepte ermittelt werden, die (noch) nicht in Termtypen von Zielfunktion-Kennzahlen eingehen, aber eventuell für zusätzliche Abfragen relevant wären. Auf diese Weise kann die Datenbasis angereichert werden.

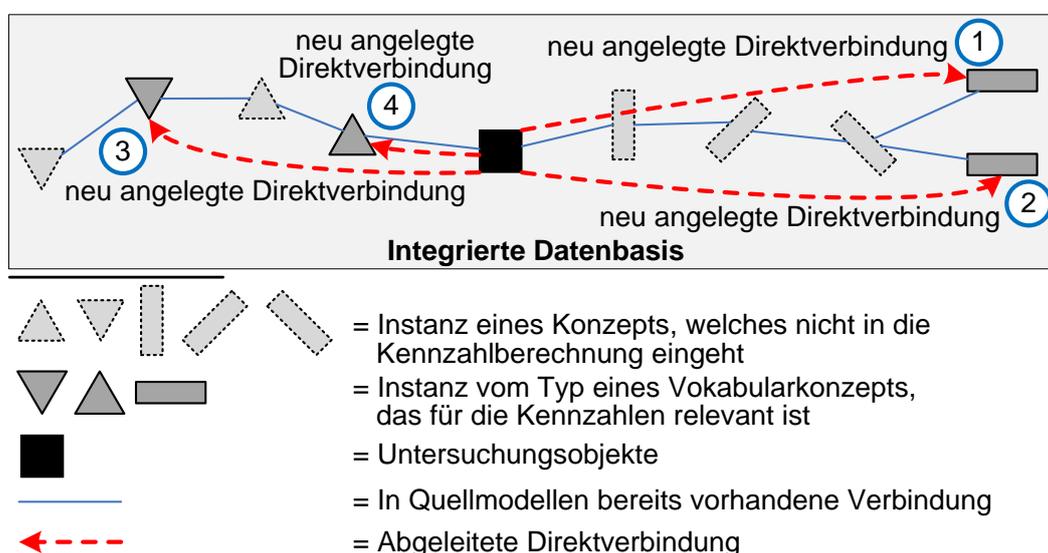
Indikator-Kennzahlen besitzen dagegen keinen Fokus auf Untersuchungsobjekte, da sie eine globale Sicht haben. Instanzen von ausschließlich dort genutzten Vokabularkonzepten müssen somit nicht zwingend bei der Ableitung der Direktverbindungen berücksichtigt werden.

Die Abfragen zur Kennzahlenberechnung sollen durch die direkten Beziehungen vereinfacht werden, da die Verbindungen nicht erst innerhalb der Abfragen aufwendig ermittelt werden müssen. Die Ableitung der Verbindungen berücksichtigt dabei auch vorab unbekannte Pfadlängen und vorab nicht fest vorgegebene Zwischenelemente.

Der Vorteil ist, dass diese Ableitungen bereits vor der Berechnung der Kennzahlen durchgeführt werden können. Dies führt zu einer Verteilung des Aufwandes. Zugleich ist es damit möglich, andere Technologien oder Algorithmen zu wählen, die geeignet für diesen Kontext erscheinen. Dies könnte als eigenständiger Forschungsschwerpunkt untersucht werden.

Sollten sich die Quellmodelle bedeutend verändern, dann sind die zuvor ermittelten Direktverbindungen zu entfernen und neu zu ermitteln.

Es sei für ein besseres Verständnis auf einen Ausschnitt der zuvor erläuterten Abbildung 7.8 aus Abschnitt 7.5.1 eingegangen. Dieser Ausschnitt ist in Abbildung 7.9 skizziert. Mit den Instanzen 1, 2 und 3 besitzt das Untersuchungsobjekt in der Datenbasis zunächst keine direkten Verbindungen. Insofern besteht das Ziel darin, Instanzen ausgehend von einem Untersuchungsobjekt zu ermitteln, die mit diesem Untersuchungsobjekt über Zwischenelemente in einer engen, „logischen Beziehung“ (siehe Erklärung unten) stehen. Zugleich sollen diese Instanzen als Typ ein für die Berechnung relevantes Vokabularkonzept haben. Hierzu sind verschiedene Pfade des Graphen (bzw. der Datenbasis) zu durchlaufen und diese Instanzen zu identifizieren. Anschließend kann mittels eines Prädikats zwischen dem Untersuchungsobjekt (Subjekt des Statements) und der jeweiligen Instanz (Objekt des Statements) ein RDF-Statement in der Datenbasis abgelegt und somit diese Beziehung explizit ausgedrückt werden.



**Abbildung 7.9:** Ableitung von direkten Verbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und Instanzen von Vokabularkonzepten mit Relevanz für Kennzahlen (Quelle: Eigene Darstellung)

Für die Instanz mit der Nummer 4 in Abbildung 7.9 existiert bereits eine unmittelbare Verbindung von einem Untersuchungsobjekt zu dieser Instanz. Folglich wäre dort eigentlich keine Ableitung erforderlich. Allerdings sollte aus Sicht eines gleichförmigen Verhaltens auch hierfür ein neues Statement eingefügt werden, analog zu den bereits erzeugten Statements für die Instanzen 1, 2 und 3.

Die Ermittlung dieser Verbindungen folgt dabei in der vorliegenden Arbeit einem bestimmten Verständnis der Begrifflichkeit der engen „logischen Beziehung“. Dieses Verständnis stellt eine Leitlinie für die Verbindungsermittlung dar und beinhaltet einige Grundannahmen. Ein Algorithmus kann sich, wie nachfolgend in diesem Abschnitt skizziert, an diesem Verständnis orientieren. Ebenfalls ist es möglich, bewusst ein anderes Begriffsverständnis zugrunde zu legen. In diesem Fall sind die Auswirkungen zu beachten, welche Instanzen mit dem Untersuchungsobjekt in Verbindung gesetzt werden. Allgemein ausgedrückt definiert das Verständnis der engen „logischen Beziehung“ einen Filter zur Prüfung, welche Instanzen mit einem Untersuchungsobjekt direkt verbunden werden sollen und welche nicht.

Die Intention der Ermittlung ist dabei, Instanzen mit demjenigen Untersuchungsobjekt zu verknüpfen, mit welchem sie in einer nachvollziehbaren, begründeten Beziehung stehen. Existiert als Beispiel bei einer Bank ein Untersuchungsobjekt „Stammdatenverwaltung“ mit dem verknüpften Prozessmodell „Kundenverwaltung“, so steht die Aktivität „Kunde anlegen“ aus diesem Prozessmodell in einem begründeten Zusammenhang zum Untersuchungsobjekt „Stammdatenverwaltung“. Sei als zweites Beispiel eine Aktivität „Validierung Zahlungsauftrag“ im Prozessmodell „Eingangsbearbeitung Zahlungsauftrag“ angenommen. Das Prozessmodell sei nicht mit dem Untersuchungsobjekt „Stammdatenverwaltung“ verbunden. Dann sollte keine direkte Verbindung zwischen dem Untersuchungsobjekt und der Aktivität „Validierung Zahlungsauftrag“ im Rahmen der Pfadermittlung identifiziert werden. Es liegt keine begründete Beziehung vor.

Zur genaueren Abgrenzung seien nun die Annahmen erläutert, welche dem Verständnis der Ermittlung von Direktverbindungen zugrunde liegen. Durch diese Annahmen definiert sich zugleich, wie aus der Menge der Instanzen des betrachteten Vokabularkonzepts (Kandidatenmenge) diejenigen Instanzen gefunden werden, die dem Untersuchungsobjekt direkt zuzuordnen sind. Somit startet die Suche mit einer Kandidatenmenge aller Instanzen, deren Typ das jeweilige Vokabularkonzept ist. Davon sind die Instanzen zu identifizieren, bei denen mit dem Untersuchungsobjekt eine Verbindung besteht. Allerdings kann es auch sein, dass dies für keine solche Instanz zutrifft, weil keine Verbindungen unter Berücksichtigung der definierten Annahmen existieren.

Es kann argumentiert werden, dass fälschlicherweise Instanzen theoretisch nicht gefunden werden, die jedoch nach menschlicher Einschätzung eine relevante Verbindung besitzen würden. Demgegenüber könnten ebenso Instanzen gefunden werden, die nach menschlicher Einschätzung nicht zur Treffermenge zählen sollten.

Diese verwendeten Annahmen beinhalten jedoch die vom Verfasser im Rahmen von Praxisprojekten gemachten Erkenntnisse, wie Modellzusammenhänge in der Realität vorkommen können. Die Annahmen stellen somit eine mögliche Ausprägung dar. Bei der Nutzung des Verfahrens kann von dieser Menge abgewichen werden, wenn etwa ein anderer Modellzusammenhang bekannt ist. Gleichwohl bietet sich auch hier die Möglichkeit einer fortgeführten Forschung an, um solche Annahmen weiter zu untersuchen und abzuleiten sowie in der Praxis zu evaluieren. Dies betrifft zugleich die Forschungsdisziplin des „Information Retrieval“, stellvertretend hierfür [Siehe GF04]. Für weiterführende Informationen sei auf die entsprechende Literatur verwiesen.

Nachfolgend werden die getroffenen Annahmen für die Ermittlung der Direktverbindungen beschrieben:

**Startpunkt** Das jeweilige Untersuchungsobjekt ist der Startpunkt bei der Pfadermittlung hin zu einer Zielinstanz.

**Gerichtete Pfade** Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass jeweils gerichtete Teilpfade vom Untersuchungsobjekt in Richtung der Zielinstanz vorliegen. Diese Teilpfade können entweder explizit durch Statements dokumentiert oder mittels Inferenz geschlussfolgert worden sein. Im zweiten Fall ist eventuell nur eine Richtung explizit dokumentiert. Durch Inferenzregeln (siehe Abschnitt 4.3.4) wird die Ableitung einer Beziehung in entgegengesetzter Richtung ermöglicht. Ein Beispiel wäre: „Prozess A hat Aufgabe B.“ Invertiert wäre eine möglicherweise (temporär) abgeleitete Beziehung: „Aufgabe B gehört zu Prozess A“.

Dies ist konform zu den Gedanken von *Berners-Lee* [Ber06] über die Anzahl und Richtungen von Statements. Aus seiner Sicht sind beide Richtungen relevant, da es vom aktuellen Anfrageinteresse abhängt, welche Richtung benötigt wird. Gleichzeitig weist er darauf hin, dass es effektiver wäre, nicht zwingend für beide Richtungen Statements mit dedizierten Prädikaten explizit formulieren zu müssen.[Siehe Ber06]

**Kürzeste Verbindung** Die Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und Zielinstanzen sollen auf Basis der kürzesten Verbindungen erfolgen. Dies ist ein Aspekt, um ungewollte Verbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und Instanzen zu vermeiden, die durch Querverbindungen irrtümlich abgeleitet würden.

**Keine Typ-Wiederholungen** Ein Pfad von einem Untersuchungsobjekt zur Zielinstanz soll nicht über eine Instanz verlaufen, deren Typ eine bereits zuvor besuchte Instanz ebenfalls besessen hat. Es soll somit kein Typ bzw. keine Klasse mehrfach im Pfad vorkommen. Wobei Standardtypen aus den RDF-/RDFS-Namespaces zu ignorieren wären. Wie in Abschnitt 4.3.3 erläutert, kann eine Instanz zu mehreren Typen gehören. Einer dieser Typen ist gemäß RDFS stets der Standardtyp „Resource“ (`rdfs:Resource`) [Siehe BG14]. Somit sollten nur Typen bei der Prüfung berücksichtigt werden, die aus anderen Namespaces bzw. Ontologien stammen, da sonst zwangsläufig jede Instanz mindestens einen gleichen Typ hätte und eine Pfadermittlung nicht möglich wäre.

Damit soll ein Pfad zu einer nicht zutreffenden Instanz vermieden werden, der hierfür inhaltlich nicht relevante Querverbindungen verwendet.

Ein sehr einfaches Beispiel ist die Verbindung zweier Instanzen jeweils durch das Prädikat `rdf:type` (siehe Abschnitt 4.3.3) mit der gleichen Klasse. Dies würde zu einer Brücke führen, über die der Pfad von der einen Instanz zur anderen gelangen könnte, obgleich diese Querverbindung keine sachliche Grundlage für die Ermittlung relevanter Instanzen bietet. Die Tatsache, dass beide Instanzen vom gleichen Typ sind, lässt nicht darauf schließen, dass beide zwingend zum gleichen Untersuchungsobjekt gehören müssen.

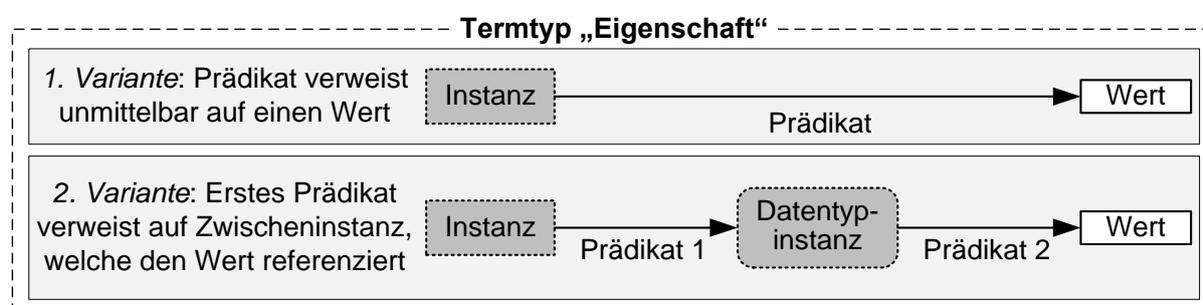
**Eindeutiges Untersuchungsobjekt** Als Spezialfall der vorstehenden Annahme sei festgelegt, dass ein Pfad nur genau ein Untersuchungsobjekt beinhalten darf - den Startpunkt. In keinem weiteren Schritt der Ermittlung ist es zulässig, dass der Pfad ein weiteres Mal über ein Untersuchungsobjekt verläuft. Dieses ergibt sich implizit bereits dadurch, dass ein Typ (hier der Typ der Untersuchungsobjekte) nicht ein weiteres Mal vorkommen darf.

Für die Ableitung der Direktverbindungen sind mindestens jene Vokabularkonzepte relevant zu betrachten, die in Termtypen der Zielfunktion-Kennzahlen verwendet werden. Wobei genauer betrachtet, nur die Termtypen „Vokabularkonzept“ und „Eigenschaft“ (siehe Abschnitt 7.4.1) zu berücksichtigen wären.

Beim Termtyp „Vokabularkonzept“ wird durch das Vokabularkonzept derjenige Typ vorgegeben, dessen Instanzen bei der Auswertung betrachtet werden sollen. Beim Termtyp „Eigenschaft“

wird erwartungsgemäß ein expliziter Bezug zu einer Eigenschaft der Instanzen ergänzt, deren Wert in der Berechnung verwendet werden soll. Damit sind für die Berechnung solche Instanzen von Bedeutung, die das Vokabularkonzept als Typ haben und zugleich Subjekt eines Statements mit dem definierten Prädikat sind.

Zu unterscheiden ist im Fall einer Eigenschaft, ob das gewählte Konzept ein Datenwertkonzept ist (siehe Abschnitt 5.9.1.2) und die Eigenschaft daher unmittelbar den Wert (mittels `rdf:value`) angibt oder ob das Konzept kein Datenwertkonzept ist. Im letzteren Fall verweist die Eigenschaft eventuell nicht auf einen konkreten Wert, sondern ist lediglich eine Referenz auf eine Datentypinstanz aus dem Bereich der Datenwertkonzepte. Dies ist in Abbildung 7.10 schematisch dargestellt. Im oberen Teil der Abbildung ist der direkte Fall dargestellt. Einer Instanz (Subjekt) ist mittels eines Prädikats unmittelbar ein Wert (Objekt) zugeordnet. Im unteren Fall verweist die Instanz mittels eines ersten Prädikats lediglich auf eine weitere Instanz (vom Typ eines Datenwertkonzepts), die schließlich mittels eines weiteren Prädikats mit dem konkreten Wert verbunden ist.



**Abbildung 7.10:** Zwei Ausprägungen des Termtyps „Eigenschaft“, bezogen auf die Art der Wertreferenzierung (Quelle: Eigene Darstellung)

Der zweite Fall ist etwa dann gegeben, wenn die in Abschnitt 5.9.1.2 erzeugten „linkTo“-Beziehungen genutzt werden. Diese wurden im Vokabular ergänzt, um die Beziehung zwischen zwei Konzepten zu dokumentieren. Ein Beispiel ist eine Beziehung zwischen dem Vokabularkonzept „Geschäftsprozess“ und dem Datenwertkonzept „Prozess-Durchlaufzeit“. Und erst die Instanz vom Typ „Prozess-Durchlaufzeit“ besitzt mit dem Prädikat `rdf:value` eine Referenz auf einen konkreten Wert.

Diese beiden Varianten sind bei der Ermittlung der Direktverbindungen entsprechend zu berücksichtigen.

Die anderen in Abschnitt 7.4.1 beschriebenen Termtypen spielen für die Ableitung von Direktverbindungen keine Rolle. Für diese sind keine weiteren Verbindungen in der Datenbasis abzuleiten. Es besteht wie erläutert die Möglichkeit, weitere Termtypen vorzusehen. Somit wäre in Abhängigkeit davon zu prüfen, ob für diese eine Ableitung von Direktverbindungen relevant wäre.

Für alle Untersuchungsobjekte gilt es nun jeweils zu prüfen, ob und welche Direktverbindungen zu Instanzen der identifizierten Vokabularkonzepte hinzuzufügen sind.

Hierzu ist die Einführung eines spezifischen Prädikats sinnvoll, wie bereits im Abschnitt 5.9.4.5, wo die Ausführung der Mappings zur Integration der Quellmodelle in die Datenbasis beschrieben wurde. Dem Prädikat wird dabei gerade jene Bedeutung zugewiesen, dass es sich um eine Direktverbindung von einem Untersuchungsobjekt zu einer Instanz handelt. Es sei als Prädikat hierfür z. B. `ea:relatedInstance` angenommen, wobei dies nach Bedarf anders festgelegt werden kann.

Dies gilt ähnlich für die beiden Ausprägungsvarianten des Termtyps „Eigenschaft“. In beiden Fällen werden zunächst Direktverbindungen von den Untersuchungsobjekten zu den Instanzen der angegebenen Vokabularkonzepte erzeugt. Bei der zweiten Ausprägung des Termtyps ist jedoch ein zusätzlicher Schritt zu tätigen: Zur Vereinfachung der späteren Kennzahlermittlung sollte ausgehend von der identifizierten Instanz ebenfalls eine Direktverbindung zur Datentypinstanz ermittelt werden, an welcher der konkrete Wert dokumentiert ist (siehe Abbildung 7.10). Auch bei diesem zweiten Teilschritt kann der jeweilige Pfad prinzipiell unbekannter Länge sein, sodass eine Vorberechnung ebenfalls sinnvoll erscheint. Das Verfahren ist dabei vergleichbar zu dem zuvor skizzierten Vorgehen. Ein Unterschied ist lediglich, dass der Ausgangspunkt kein Untersuchungsobjekt ist. Stattdessen erfolgt die Suche ausgehend von den gefundenen Instanzen des Vokabularkonzepts, die im ersten Durchlauf mit den Untersuchungsobjekten verbunden wurden. Mit diesen Instanzen als jeweiligen Ausgangspunkt erfolgt dann die Suche nach den Datentypinstanzen. Folglich sei aufgrund der Ähnlichkeit das Verfahren für diesen Fall nicht gesondert beschrieben.

Um die gefundene Verbindung zwischen einer Instanz und einer Datentypinstanz zu dokumentieren, kann ein spezifisches Statement verwendet werden. In Anlehnung an die in Abschnitt 5.9.1.2 eingeführten, individuellen Prädikate bestehend aus dem Anfangswort „linkTo“ und dem Konzeptnamen, könnte an dieser Stelle ein Prädikat bestehend aus dem Anfangswort „linkTo“, dem Konzeptnamen sowie dem Zusatz „Data“ gewählt werden. Damit wird die inhaltliche Bedeutung dieser Beziehung explizit dokumentiert. Alternativ ist ein allgemeingültiges Prädikat wie z. B. `ea:dataInstance` möglich. Wobei in diesem Fall, beim Zugriff später, neben der Angabe des Prädikats zusätzlich auch eine Prüfung des Typs erfolgen muss, ob eine Instanz vom gewünschten Typ ist. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit sei nachfolgend die Variante mit den spezifischen Prädikaten `ea:linkTo<Konzept>Data` verwendet.

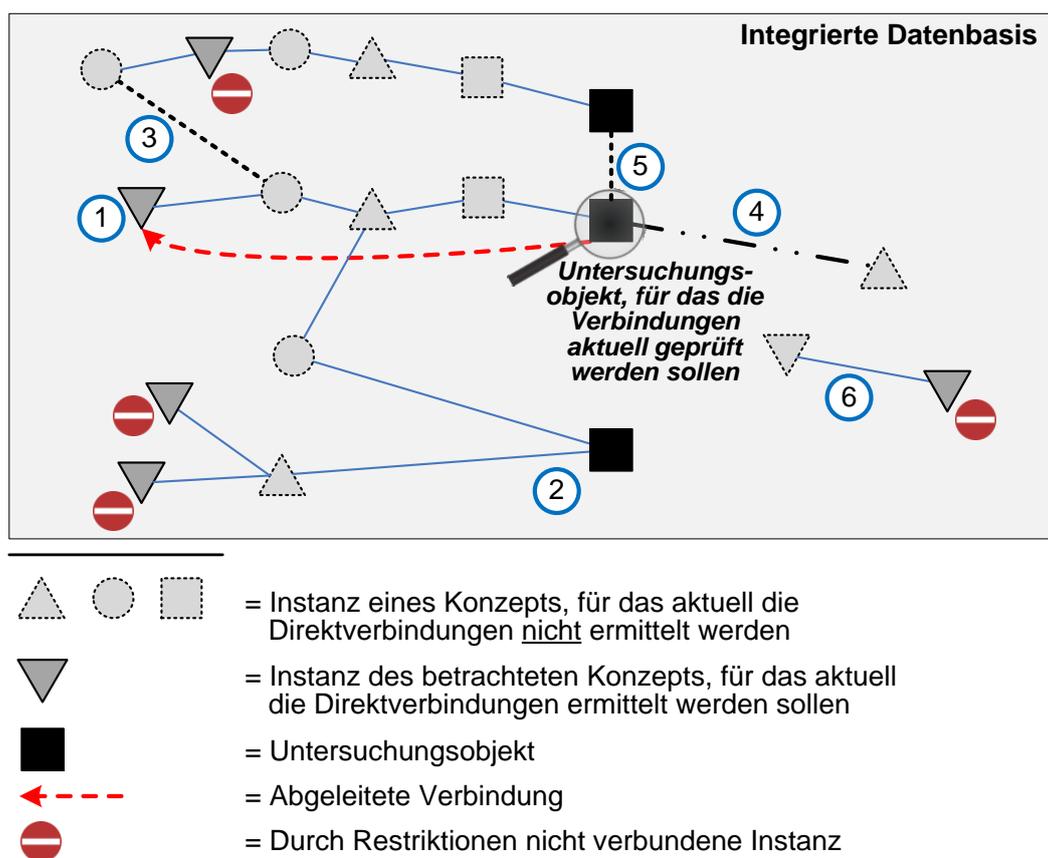
Am Ende der Ermittlung kann in der ersten Ausprägung des Termtyps „Eigenschaft“ ausgehend vom Untersuchungsobjekt mittels `ea:relatedInstance` direkt die Instanz zugegriffen werden, an der mittels `rdf:value` der Datenwert dokumentiert ist. Für die zweite Ausprägung erfolgt die Navigation zunächst ebenfalls ausgehend vom Untersuchungsobjekt mittels `ea:relatedInstance`. Allerdings ist ein zweiter Sprung von der referenzierten Instanz mittels der eben erzeugten „linkTo-Data“-Beziehung zu einer zweiten Instanz (Datentypinstanz) erforderlich, an welcher schließlich per `rdf:value` der Datenwert zugegriffen werden kann.

Anschließend an diese notwendigen Vorüberlegungen, wird nun die Ermittlung der Direktverbindungen erläutert.

Die betreffenden Vokabularkonzepte können nacheinander für die Ermittlung der Direktverbindungen betrachtet werden. Alle in der Datenbasis befindlichen Instanzen dieser Konzepte sind zunächst Kandidaten für Verbindungen ausgehend von einem Untersuchungsobjekt. Es gilt nun zu prüfen, ob und mit welchem Untersuchungsobjekt sie in einer engen „logischen Beziehung“ gemäß den obigen Annahmen stehen.

Es gilt weiterhin die in Abschnitt 5.7.1 beschriebene Rahmenbedingung, dass nicht zwingend ein vollständiges Alignment für alle Konzepte und Verbindungen der Quellmodelle und des EA-Vokabulars herzustellen ist. Dies reduziert den Aufwand für die Erstellung. Dennoch liegen alle aus den Quellmodellen übernommenen Informationen in der Datenbasis vor, sodass sie nun verwendet und (transparent) durchlaufen werden können. Der vorliegende Ansatz arbeitet, den Erläuterungen in Abschnitt 5.3 folgend, auf dieser Basis mit einer großen Flexibilität. Mit zunehmendem Wissen über Modelle und Elemente könnte die Ermittlung direkter Verbindungen vereinfacht werden, obgleich sich dieses auf den Definitionsaufwand und die Flexibilität auswirken würde.

Bei der Ermittlung der Direktverbindungen können verschiedene Szenarien unterschieden werden, die zwischen einem Untersuchungsobjekt und einer Instanz denkbar sind. Abbildung 7.11 zeigt einige ausgewählte Szenarien, die sich auch auf Basis der obigen Annahmen ergeben. Die Betrachtung verdeutlicht zudem die Rahmenbedingungen bei der Ermittlung von Direktverbindungen vor dem Hintergrund der nicht fest vorgeschriebenen Struktur der Datenbasis. Durch die getroffenen Annahmen werden Restriktionen definiert. Diese beeinflussen, welche Teilpfade für die Instanzsuche verwendet werden sollen und welche Teilpfade ignoriert werden können. In der Abbildung sind hierzu sechs Szenarien dargestellt, auf die nachfolgend eingegangen wird.



**Abbildung 7.11:** Betrachtung ausgewählter Szenarien bei der Ermittlung von Direktverbindungen zu Instanzen, ausgehend von den zugehörigen Untersuchungsobjekten (Quelle: Eigene Darstellung)

Das erste Szenario (siehe Nummer „1“ in der Abbildung 7.11) ist der eindeutige Fall. Ausgehend von einem spezifischen Untersuchungsobjekt (in der Abbildung das mittlere Objekt, mit der Lupe) wird nach einer bestimmten Pfadlänge eine Instanz des gewünschten Typs gefunden und alle Restriktionen werden vom Pfad erfüllt. Damit wurde eine zulässige Direktverbindung vom Untersuchungsobjekt zu einer Instanz abgeleitet.

Im Szenario mit der Nummer „2“ startet die Suche erneut beim Untersuchungsobjekt in der Mitte (Lupe). Der Suchpfad verläuft jedoch an einem bestimmten Punkt über ein zweites Untersuchungsobjekt (das untere in der Abbildung). Gemäß den Annahmen ist dies folglich kein valider Pfad für eine Direktverbindung, da die beiden Instanzkandidaten in der unteren linken Bildhälfte nicht in einer engen „logischen Beziehung“ zum mittigen Untersuchungsobjekt stehen. Die Instanzen gehörten zwar zu der Kandidatenmenge, allerdings genügt kein Pfad den gegebenen Annahmen. Die beiden Instanzen im Szenario „2“ würden daher nicht mit dem aktuell

betrachteten Untersuchungsobjekt in Beziehung gesetzt werden. Sie würden jedoch später dem unteren Untersuchungsobjekt zugeordnet werden, sobald die Ermittlung der Verbindungen für dieses Untersuchungsobjekt erfolgt. So ist das Ziel bei der Ermittlung jener Direktverbindungen, nur diejenigen Instanzen mit einer eindeutigen Beziehung zum jeweiligen Untersuchungsobjekt zu identifizieren.

Szenario „3“ zeigt den Fall, dass ein Suchpfad eine Instanz beinhaltet, deren Typ bereits auf dem Suchpfad vorgekommen ist. In der Abbildung würde mittels der gestrichelten Linie zum zweiten Mal eine Instanz erreicht werden, die durch einen Kreis symbolisiert ist (steht in diesem Fall für Typgleichheit). Eine Erweiterung des Suchpfads auf den zweiten Kreis ist gemäß Annahmen nicht zulässig.

Die Pfadsuche kann ebenfalls abgebrochen werden, wenn wie in Szenario „4“ angedeutet, ein nicht zulässiges Prädikat vorkommt. Zum Beispiel ein Prädikat aus den Standard-Namespaces von RDF oder RDFS (siehe Abschnitt 4.3.3). Die Pfadsuche würde diese Prädikate nicht weiter verfolgen, da domänenspezifische Prädikate zu verwenden wären, welche eine inhaltliche Relevanz in der Anwendungsdomäne vorgeben.

Im Szenario „5“ kann die Suche direkt beendet werden, wenn ein Pfad verfolgt wird, der am Anfang über ein anderes Untersuchungsobjekt verlaufen würde. Dies ist ein Spezialfall von Szenario „2“, bei dem der Pfad im Verlauf der Suche über ein zweites Untersuchungsobjekt verläuft. Auch hier würde angenommen werden, dass eine möglicherweise später gefundene Instanz nicht in enger „logischer Beziehung“ zum aktuell fokussierten Untersuchungsobjekt stehen würde.

Im Szenario „6“ ist als Extremfall keine Verbindung zwischen dem im Fokus stehenden Untersuchungsobjekt und der Instanz des Vokabularkonzepts vorhanden. Folglich kann diese Instanz dem Untersuchungsobjekt nicht zugeordnet werden.

Es sind wie eingangs erwähnt, weitere Restriktionen möglich. Etwa könnte zur Sucheingrenzung festgelegt werden, dass Instanzen nur innerhalb eines bestimmten Bereiches der Datenbasis gesucht werden sollen. Eventuell festgelegt durch die Verwendung bestimmter Prädikate oder durch die Beschränkung auf Instanzen aus einer bestimmten Domäne. Folglich zeigen die Szenarien verbreitete Restriktionen, erheben aber nicht den Anspruch vollständig zu sein.

Am Ende würden dann Direktverbindungen nur für diejenigen Instanzen aus der Kandidatenmenge angelegt werden, zu denen ein valider Pfad ausgehend vom jeweiligen Untersuchungsobjekt vorhanden ist.

Als Technologien für die Realisierung der Ermittlung kommen verschiedene Optionen infrage. Mit einer begrenzten Menge an wenig komplexen Restriktionen könnte SPARQL mit dessen Property Paths für variable Pfade (siehe Abschnitt 4.3.5) eingesetzt werden. Wird davon ausgegangen, dass viele Querverbindungen zwischen Elementen bestehen, wären eventuell alternative Technologien oder Algorithmen effektiver. Diese könnten dann weitere Restriktionen bei der Ermittlung berücksichtigen. Auch eine Kombination aus Nutzung der Property Paths zur Vorberechnung und anschließender Selektion der Ergebnismenge durch einen spezifischen Algorithmus ist denkbar.

Hinsichtlich des Einsatzes von Algorithmen sind besonders Verfahren zur Bestimmung kürzester Wege in Graphen relevant. Denn das Datenmodell des Semantic Web - RDF - kann als Graph angesehen werden (siehe Abschnitt 4.3.1). Zur Bestimmung kürzester Wege existieren vielfältige Veröffentlichungen, stellvertretend sei hierzu auf [Vgl. Jun13, S. 65 ff.] für eine Einführung sowie eine umfangreiche Darstellung verschiedener Algorithmen hingewiesen.

Im einfachsten Fall werden bei der Pfadermittlung isoliert jeweils ein Untersuchungsobjekt und eine Instanz aus der Menge der Kandidaten betrachtet. Allerdings werden in diesem Fall

Teilpfade sehr häufig wiederholt durchlaufen, um stets ausgehend vom Untersuchungsobjekt jeweils die Instanzen zu prüfen. Eine Verbesserung wäre die Verwendung von Algorithmen, bei denen die Pfade ausgehend von einem bestimmten Untersuchungsobjekt für die gesamte Kandidatenmenge in einem Durchlauf ermittelt werden. So etwa für alle Instanzen vom gewünschten Zieltyp.

Ein Verfahren hierfür ist die in der Graphentheorie etablierte Breitensuche, stellvertretend sei hierzu auf [Siehe Ste02, S. 63 ff.; Siehe Büs10, S. 24 ff.] verwiesen. Mit der Breitensuche werden alle Knoten innerhalb eines Graphen in einer speziellen Reihenfolge nacheinander besucht [Siehe Ste02, S. 65-66]. Wobei durch die soeben beschriebenen Annahmen Suchpfade eventuell abgeschnitten werden können, sodass im konkreten Fall nicht alle Knoten tatsächlich erreicht werden würden. Das stellt jedoch für den vorliegenden Ansatz auch nicht das Ziel dar. So sollen ausgehend vom Untersuchungsobjekt nur solche Verbindungen zu Instanzen ermittelt werden, welche den Annahmen genügen.

Ebenso existieren verschiedene Veröffentlichungen, die speziell das Wegeproblem im Kontext von RDF betrachten und dort Optimierungen für effiziente Verfahren vorschlagen, auch bei sehr großen Graphenstrukturen, wie stellvertretend in [Siehe GN11]. Auch in [Siehe De+13] wird zu diesem Themengebiet ein Ansatz präsentiert, mit dem Pfade unter Berücksichtigung der Semantik von Verbindungen ermittelt werden können. Da Kürzeste-Wege-Algorithmen einen eigenen Forschungsbereich darstellen, kann aufgrund des Umfangs im Rahmen dieser Arbeit nicht näher darauf eingegangen werden. Festzuhalten gilt jedoch, dass vielfältige, etablierte und erprobte Algorithmen sowie technische Umsetzungen existieren.

Eine besondere Eigenschaft durch die Technologien des Semantic Web ist die Nutzung allgemeiner Anfragen, um detailliertes Wissen abzufragen. Wie im Städtebeispiel in Abschnitt 4.3.4 gezeigt, können durch Inferenz Treffer für eine Anfrage geliefert werden, die ohne Inferenz aufgrund fehlender, expliziter Statements nicht geliefert worden wären.

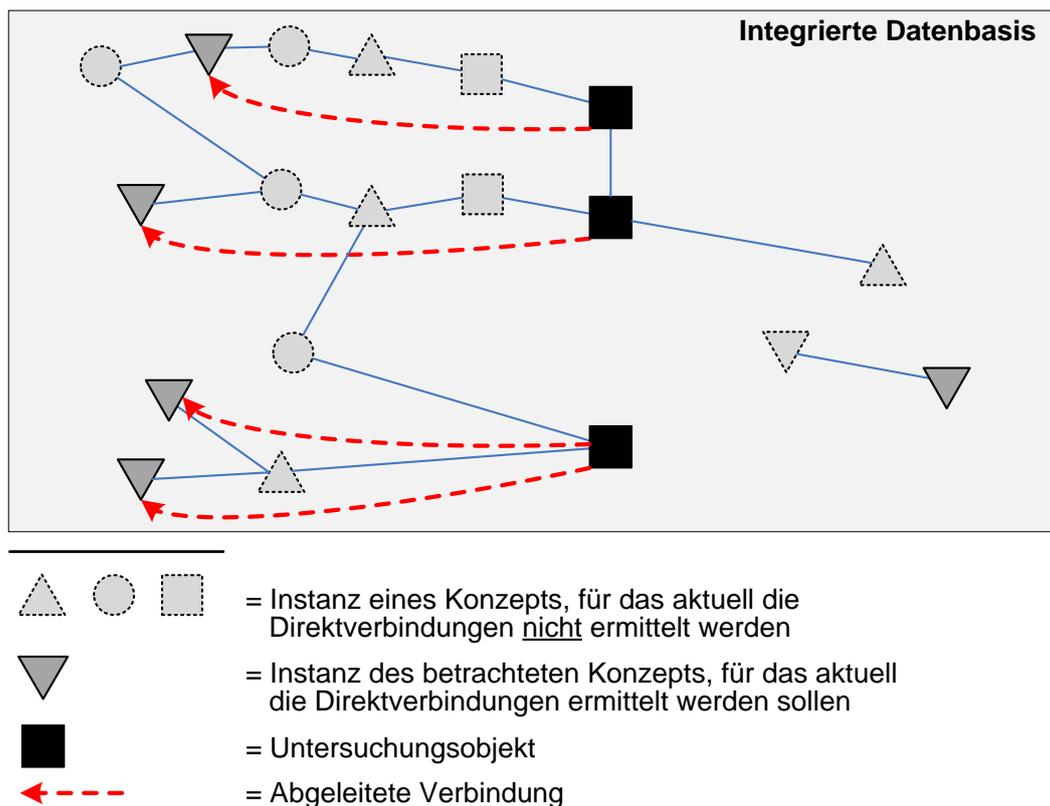
Auch in dem vorliegenden Ansatz zur Ermittlung der Verbindungen kann von dieser Inferenz-Eigenschaft profitiert werden, um die Abfragen allgemein halten zu können. Wie in Abschnitt 7.4.1 beschrieben, könnte in den Kennzahldefinitionen ein gemeinsames Oberkonzept anstelle mehrerer einzelner Konzepttypen benannt werden. Ist dieses Konzept als Oberbegriff im Vokabular beschrieben, dann wird diese Inferenz durch die in Abschnitt 5.9.1.2 erläuterte Vokabular-Anreicherung ermöglicht. Die Kandidatenmenge kann damit alle konkreten Instanzen enthalten, die entweder vom gewählten Konzepttyp sind oder deren Typ eine Unterklasse des gewählten Konzepttyps ist.

Dies gilt auch für die weitere Berechnung der Kennzahlen. Eltern-Kind-Beziehungen werden bei Ausnutzung der Inferenz aufseiten der Typen implizit berücksichtigt.

Darüber hinaus könnten weitere Optimierungen des Verfahrens erfolgen. Sei etwa angenommen, dass davon ausgegangen werden kann, dass Instanzen der Vokabularkonzepte stets über die gleichen Prädikate mit einem Untersuchungsobjekt in Verbindung stehen. So wäre es ausreichend, einmalig einen Pfad abzuleiten. Diese ermittelte Pfadschablone könnte dann für alle anderen Instanzen des gleichen Konzepts verwendet werden. Bis sich das Quellmodell strukturell ändert. Damit könnten dann effiziente SPARQL-Anfragen mit einer festen Abfolge von Zwischenschritten definiert werden. Zudem würde sich die Anzahl der Pfadermittlungen erheblich reduzieren. Voraussetzung für diese Optimierung ist jedoch das Wissen über eine bestimmte Beschaffenheit der Quellmodelle.

Unabhängig von sonstigen Optimierungen gilt, dass die Ermittlung der Direktverbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und den Instanzen eines Typs nur einmal pro Konzept durchgeführt werden muss, auch wenn der Typ mehrfach in Kennzahlen Verwendung findet.

Das Ergebnis der Ermittlung von Direktverbindungen für das zuvor skizzierte Beispiel aus Abbildung 7.11 ist in Abbildung 7.12 skizziert. Zu den drei Untersuchungsobjekten wurden jeweils die in enger Beziehung stehenden Instanzen ermittelt. Für jede Verbindung kann nun ein eigenes Statement in die integrierte Datenbasis eingefügt werden. Als Subjekt wird jeweils das Untersuchungsobjekt gewählt, als Objekt die entsprechende Instanz. Als Prädikat sei das oben erwähnte Prädikat für Direktverbindungen, z. B. `ea:relatedInstance`, verwendet. Folglich werden vier Statements eingefügt, analog den vier breiten, gestrichelten Pfeilen in der Abbildung 7.12. Den beiden oberen Untersuchungsobjekten in der Abbildung wird jeweils eine Instanz zugeordnet. Dem unteren Untersuchungsobjekt werden zwei Instanzen zugeordnet.



**Abbildung 7.12:** Ergebnis der Ermittlung von Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und den in enger Beziehung zu diesen Objekten stehenden Instanzen (Quelle: Eigene Darstellung)

### 7.5.2.2 Berechnung der Kennzahlformeln

Es wurde soeben beschrieben, wie Direktverbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und den damit in Beziehung stehenden Instanzen abgeleitet werden können. Im Ergebnis wurde die Datenbasis um neue Statements mit einem dedizierten Prädikat, z. B. `ea:relatedInstance`, erweitert. Im Fall des Termtyps „Eigenschaft“ wurden zudem zwei Varianten unterschieden, je nachdem wie der konkrete Wert angebunden ist.

Für den weiteren Fortgang ist es von untergeordneter Bedeutung, auf welche Weise die Direktverbindungen ermittelt wurden. Es wird hier schlicht angenommen, dass diese vorliegen. Wobei sie nur für die Berechnung der Zielfunktion-Kennzahlen relevant sind. Indikator-Kennzahlen haben eine globale Sicht über die gesamte Datenbasis und benötigen daher diese Direktverbindungen nicht. Für die Berechnung der Zielfunktion-Kennzahlen können die Direktverbindungen hingegen zur Vereinfachung genutzt werden.

Die Unterscheidung der beiden Kennzahlarten Indikator und Zielfunktion hat zwei Auswirkungen auf die Berechnung:

**Sicht** Indikator-Kennzahlen berücksichtigen bei der Berechnung die gesamte Datenbasis. Demgegenüber werden Zielfunktion-Kennzahlen für jedes Untersuchungsobjekt einmal individuell berechnet und berücksichtigen dabei nur Instanzen mit einer engen „logischen Beziehung“ zu dem jeweils betrachteten Untersuchungsobjekt.

**Weiternutzung des Ergebnisses** Gemäß dem groben Aufbau der Kennzahlen (siehe Abschnitt 7.4.1 und dort siehe Abbildung 7.5) existiert für beide Kennzahlarten eine Formel, anhand der die absoluten Ergebnisse berechnet werden. Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen werden ohne Weiterverarbeitung in der Datenbasis abgelegt. Bei den Zielfunktion-Kennzahlen schließt sich je nach Ausprägung (siehe Abschnitt 7.4.1) noch eine Nachverarbeitung an. Das zunächst ermittelte absolute Ergebnis wird dabei in Relation zu den Ergebnissen von dieser Zielfunktion für die anderen Untersuchungsobjekte in einen Performance-Wert transformiert, angelehnt an das IPA-Vorgehen (siehe folgender Abschnitt 7.5.2.3).

Somit sei in diesem Abschnitt zunächst auf die Berechnung der absoluten Werte eingegangen, basierend auf der Berechnungsvorschrift einer Kennzahl. Von den beiden beschriebenen Auswirkungen ist zunächst nur der Aspekt bezüglich der Sicht zu berücksichtigen. Aufgrund der konzeptionellen Ähnlichkeit wird die Berechnung für beide Kennzahlarten gemeinsam erläutert. Unterschiede werden jeweils speziell hervorgehoben.

Entsprechend dem allgemeinen Ablauf der Berechnung (siehe Abschnitt 7.5.1) werden zunächst die Indikator-Kennzahlen berechnet. Erst danach wird mit den Zielfunktion-Kennzahlen fortgefahren, damit alle notwendigen Werte hierfür vorliegen. Wobei die Berechnung einer Kennzahl nur durchgeführt werden kann, wenn wie bei der Kennzahldefinition erwähnt, keine Fehlerkonstellationen vorliegen (siehe Abschnitt 7.4.1).

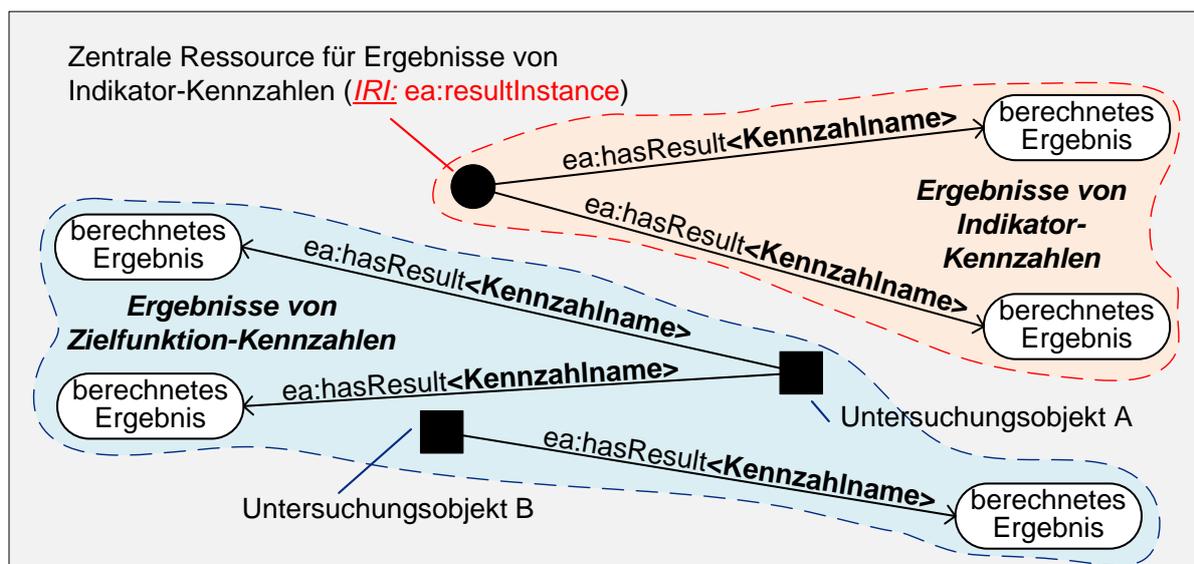
SPARQL ist eine der möglichen Technologien zur Umsetzung der Berechnungsvorschriften, wie die Betrachtung in Abschnitt 7.5.1 ergeben hat. Mit den arithmetischen Operatoren, Gruppierungen und Aggregatfunktionen können verbreitete EA-Kennzahlen abgedeckt werden (Vgl. Kennzahlübersicht in Abschnitt 3.2.3). Für Spezialfälle mit besonders komplexen Berechnungsfunktionen können ergänzende Technologien notwendig sein, was jedoch den Bereich einer konkreten Implementierung des Ansatzes betreffen würde und somit an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden soll.

Somit soll nachfolgend die Berechnungsvorschrift in SPARQL<sup>2</sup> überführt werden. Dies betrifft die eigentliche Formel mit den in Abschnitt 7.4.1 eingeführten Bestandteilen. Arithmetische Operatoren, Klammern und einfache Standardfunktionen können dabei weitgehend direkt in SPARQL übernommen bzw. abgebildet werden [Vgl. HS13]. Die Ausgestaltung der Termtypen erfordert hingegen eine spezifische Berücksichtigung, sodass zunächst nur SPARQL-Variablen an die Stelle der Platzhalter treten können.

Sei zur Verdeutlichung auf die zweite Beispiel-Berechnungsvorschrift aus Abschnitt 7.4.1 eingegangen. Wobei vom Ausdruck (7.2) für diese Zielfunktion-Kennzahl nur die eigentliche Formel hinter der Zielfunktion-Ausprägung („Min <-“) an dieser Stelle relevant ist. Dieser Ausschnitt ist mit beiden Platzhaltern in die Formel (7.3) übernommen worden:

$$\{Personalkosten\ Untersuchungsobjekt\} / \{Personalkosten\ Gesamt\} \quad (7.3)$$

<sup>2</sup>An dieser Stelle und im Folgenden sei mit SPARQL die Version SPARQL 1.1 [Siehe HS13] bezeichnet.



**Abbildung 7.13:** Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen werden zentral an einer spezifischen Instanz abgelegt, bei Zielfunktion-Kennzahlen hingegen erfolgt dies am jeweiligen Untersuchungsobjekt (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Übersetzung dieser Formel in SPARQL-Syntax ist in Listing 7.1 angegeben. Wobei dies noch keine vollständige SPARQL-Abfrage darstellt, weil etwa die Einbettung in eine SELECT- oder CONSTRUCT-Struktur fehlt, wie sie in Abschnitt 4.3.5 eingeführt wurde. Es fällt auf, dass die Struktur (Operator, Stellung der Operanden) gleichartig übernommen werden kann. Die Platzhalter aus der Kennzahldefinition sind in Form von SPARQL-Variablen übersetzt worden, gekennzeichnet durch ein vorangestelltes Fragezeichen („?“) und einen eindeutigen Bezeichner (siehe Syntax in [Siehe HS13]).

**Listing 7.1:** Beispiel für die Überführung der Formel einer Zielfunktion-Kennzahl in SPARQL-Syntax

```
1 (?personalkostenUntersuchungsobjekt / ?personalkostenGesamt)
```

Die Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen werden wie in den Vorbetrachtungen erläutert (siehe Abschnitt 7.5.1), in Form von RDF-Statements zentral in der Datenbasis abgelegt. Damit können diese neuen Informationen, ebenso wie die bereits in der Datenbasis befindlichen Informationen, bei der nachfolgenden Berechnung der Zielfunktion-Kennzahlen genutzt werden. Es kann hierzu wie in der oberen Bildhälfte von Abbildung 7.13 skizziert, eine zentrale Ressource in der Datenbasis für alle Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen vorgesehen werden. Für jede berechnete Indikator-Kennzahl wird dann ein eigenes Statement mit dieser zentralen Instanz als Subjekt und dem berechneten Ergebnis als Objekt erzeugt. Es kann ein spezifisches Prädikat verwendet werden, welches für die jeweilige Kennzahl eindeutig benannt ist, z. B. `ea:hasResult<Kennzahlname>`. Für die Instanz ist ein eindeutiger IRI (siehe Abschnitt 4.3.1) zu vergeben, wie z. B. `ea:resultInstance` in der Abbildung 7.13. Dadurch wird ersichtlich, dass die Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen nur einmal berechnet werden müssen, um mehrfach von Zielfunktion-Kennzahlen genutzt werden zu können.

Die Ergebnisse der Zielfunktion-Kennzahlen besitzen hingegen einen expliziten Bezug zu dem Untersuchungsobjekt, für welches sie berechnet wurden. Die Berechnungsergebnisse werden noch vor Umwandlung in einen Performance-Wert am betreffenden Untersuchungsobjekt in der Datenbasis dokumentiert. Die Abbildung 7.13 zeigt dieses in der unteren Bildhälfte. Für das Untersuchungsobjekt A wurden zwei Zielfunktion-Kennzahlen berechnet und ihre Ergeb-

nisse durch Statements in der Datenbasis dokumentiert. Das Untersuchungsobjekt ist hierbei das Subjekt, die berechneten Ergebnisse entsprechen jeweils dem Objekt in einem Statement. Es kann ebenfalls ein spezifisches Prädikat pro Kennzahl verwendet werden, analog zu eben z. B. `ea:hasResult<Kennzahlname>`. Das Untersuchungsobjekt B hat hingegen nur ein berechnetes Ergebnis einer Zielfunktion-Kennzahl.

Die beschriebene Übersetzung der Kennzahlformel in SPARQL-Syntax muss nun in eine umfassendere SPARQL-Abfrage eingebettet werden. Da neue Statements in die Datenbasis eingefügt werden sollen, bietet sich die in Abschnitt 4.3.5 eingeführte CONSTRUCT-Abfrage an. Der dadurch erzeugte RDF-Graph kann mit der Datenbasis kombiniert werden.

Die nachfolgenden Erläuterungen auf Basis von SPARQL stellen eine mögliche Lösung dar. In einer konkreten Ausgestaltung kann hiervon naturgemäß abgewichen werden, um etwa Optimierungen vorzunehmen. Die nachfolgende SPARQL-Verwendung orientiert sich an einer verständlichen Ausgestaltung des Vorgehens.

Aufgrund der Zuordnung des Ergebnisses zu abweichenden Instanzen variiert die Formulierung der CONSTRUCT-Abfragen bei den Indikator- und Zielfunktion-Kennzahlen leicht. Die Variation ist jedoch gering, wie ein Vergleich auf abstrakter Ebene verdeutlicht. In Listing 7.2 ist die Grobstruktur für die Berechnung einer Indikator-Kennzahl aufgeführt. Demgegenüber ist in Listing 7.3 die Grobstruktur für die Berechnung einer Zielfunktion-Kennzahl aufgeführt. Die wesentlichen Unterschiede sind jeweils hervorgehoben.

**Listing 7.2:** Grobstruktur CONSTRUCT-Abfrage für eine Indikator-Kennzahl

```

1 ... PREFIX-Angaben ...
2 CONSTRUCT { ea:resultInstance ea:hasResult<Kennzahlname> ?x }
3 WHERE { ... Berechnung des Ergebnisses für die Kennzahl und Belegung von Variable 'x' }
```

**Listing 7.3:** Grobstruktur CONSTRUCT-Abfrage für eine Zielfunktion-Kennzahl

```

1 ... PREFIX-Angaben ...
2 CONSTRUCT { ?untersuchungsobjekt ea:hasResult<Kennzahlname> ?x }
3 WHERE { ... Selektion der Untersuchungsobjekte
4 ... Berechnung des Ergebnisses für die Kennzahl und Belegung von Variable 'x' }
```

Es fällt dabei auf, dass die Subjektangabe des neu zu erstellenden Statements in beiden Fällen unterschiedlich ist. Dies ist gemäß Abbildung 7.13 auch so zu erwarten. Im Indikator-Fall wird die zentrale Instanz für die Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen angegeben, z. B. die Instanz mit dem IRI `ea:resultInstance`. Im Zielfunktion-Fall ist es das jeweilige Untersuchungsobjekt, für welches ein Wert berechnet wurde. Da eine Zielfunktion potenziell für alle Untersuchungsobjekte individuell berechnet wird, ist die Angabe des Untersuchungsobjekts als Variable notiert. Somit werden für alle Untersuchungsobjekte entsprechende Statements erzeugt, für die ein Zielfunktion-Ergebnis berechnet werden konnte. Als Prädikat wird in beiden Fällen `ea:hasResult<Kennzahlname>` verwendet, wobei der konkrete Bezeichner für die Kennzahl einzusetzen wäre. Die Ergebnisvariable „?x“ wird im WHERE-Block (siehe Abschnitt 4.3.5) der Abfrage berechnet. Zusätzlich ist bei der Berechnung der Zielfunktion-Kennzahl sicherzustellen, dass nur Instanzen von dem Vokabularconcept im Fokus stehen, welches für die Untersuchungsobjekte steht.

Die zuvor in SPARQL-Syntax übersetzte Kennzahlformel wird nun in den WHERE-Block übernommen, wo das Ergebnis auf Basis dieser Formel ermittelt wird. Eine geschachtelte SELECT-Anfrage selektiert notwendige Informationen für die jeweiligen Termtypen. Diese Informationen gemäß der Termtyp-Festlegungen können als Zwischenergebnisse angesehen

werden. Diese Zwischenergebnisse werden den SPARQL-Variablen für die Platzhalter in der Rechenvorschrift zugeordnet.

Die Zwischenergebnisse werden für jeden Termtyp separat ermittelt und temporär vorgehalten. Das Vorgehen hängt hierbei jeweils vom Termtyp des entsprechenden Platzhalters ab. Somit wird nachfolgend anhand der Termtypen erläutert, wie die konkreten Werte ermittelt werden können. Für jeden Termtyp wird hierzu eine eigene CONSTRUCT-Abfrage erzeugt (mit einer Ausnahme, siehe unten). Dies ist in Listing 7.4 verdeutlicht. Es werden Statements erzeugt, die nur für die Phase der Kennzahlenberechnung vorgehalten werden müssen. Im Fall eines Termtyps für eine Zielfunktion-Kennzahl wird das Zwischenergebnis mit Bezug zum konkreten Untersuchungsobjekt abgelegt, wie im Listing 7.4 erfasst. Im Fall eines Termtyps für eine Indikator-Kennzahl werden die Zwischenergebnisse wiederum zentral abgelegt. Da der Unterschied minimal ist, wird auf eine gesonderte Darstellung mittels eines eigenen Listings verzichtet.

Die Aufteilung in einzelne CONSTRUCT-Abfragen pro Termtyp kapselt die Wertermittlung, sodass die Informationen ohne Einfluss durch andere Termtypen aus der Datenbasis zugegriffen werden können. Gleichzeitig erhöht dies die Nachvollziehbarkeit, indem lediglich einzelne Bausteine betrachtet werden.

**Listing 7.4:** Grobstruktur zur Ermittlung eines Termtyp-Zwischenergebnisses

```

1 ... PREFIX-Angaben ...
2 CONSTRUCT { ?untersuchungsobjekt ea:hasTermResult<Termtypname> ?x }
3 WHERE { ... Ermittlung des Zwischenergebnisses für den Termtyp der umschließenden Kennzahl }

```

Eine wesentliche Grundlage der Verarbeitung ist die Inferenz, wie sie in Abschnitt 4.3.4 allgemein erläutert wurde. Bei der Kennzahldefinition wurde zudem darauf hingewiesen (siehe Abschnitt 7.4.1), dass als Konzept ein Oberbegriff anstelle von mehreren, speziellen Unterbegriffen angegeben werden könnte. Ausgehend von der Nennung des Oberbegriffs kann mittels Inferenz auch auf Instanzen der spezifischeren Unterbegriffe geschlossen werden. Genau diese Eigenschaft kann auch im Rahmen der Kennzahlenberechnung eingesetzt werden. Beim Vorliegen einer entsprechenden Reasoning-Unterstützung erfolgt diese Identifikation der Instanzen automatisch. Daher sei nachfolgend davon ausgegangen, dass bei Angabe eines Oberbegriffs aus dem Vokabular auch stets Instanzen jener Typen berücksichtigt werden, die zu einem der Unterbegriffe dieses Oberbegriffs aus dem Vokabular gehören.

Die nachfolgenden Termtypen entsprechen den zuvor erwähnten, wobei auch hier gilt, dass weitere Termtypen denkbar sind:

**Fester Wert** Dieser Termtyp stellt den einfachen Fall eines konstanten Wertes dar, der an die entsprechende Variable gebunden werden soll. Dies kann in SPARQL mit der BIND-Funktionalität erfolgen, mit der ein bestimmter Wert einer Variablen zugewiesen wird [Siehe HS13]. Es wird die Zahl verwendet, welche bei der Kennzahldefinition (siehe Abschnitt 7.4.1) dem Termtyp als ergänzendes Argument angefügt wurde. Listing 7.5 zeigt den entsprechenden Ausdruck. Das Verfahren ist unabhängig vom Vorliegen einer Indikator- oder Zielfunktion-Kennzahl. Zudem stellt dieser Termtyp eine Ausnahme dar, weil keine getrennte Ermittlung eines Zwischenergebnisses erforderlich ist. Die Struktur kann direkt im SPARQL-Ausdruck für die Kennzahlberechnung eingefügt werden. Eine gesonderte CONSTRUCT-Abfrage kann somit für diesen Termtyp entfallen.

Die spitzen Klammern (< , >) sowie der darin eingeschlossene Text stehen nachfolgend stellvertretend für eine Angabe, die bei Nutzung eines Ausdrucks jeweils konkret zu füllen wäre.

**Listing 7.5:** Variablenbelegung: Fester Wert

```
1 BIND (<konkreter Wert> AS ?x)
```

**Indikator-Kennzahl** Bei diesem Termtyp wird das für eine Indikator-Kennzahl vorab berechnete Ergebnis in die Berechnung übernommen. Dies ist wie erwähnt nur für Zielfunktion-Kennzahlen vorgesehen. An dieser Stelle kann davon Gebrauch gemacht werden, dass die Ergebnisse der Indikator-Kennzahlen zentral in der Datenbasis abgelegt sind. Es wurde hierzu eine eigene Instanz, z. B. mit dem IRI `ea:resultInstance`, vorgeschlagen. Ein Statement mit dieser Instanz als Subjekt, dem zur Kennzahl gehörenden Prädikat `ea:hasResult<Kennzahlname>` und einer Variable für das Objekt, liefert den abgelegten Wert als Zwischenergebnis. Listing 7.6 beinhaltet diese Anweisung, welche in die CONSTRUCT-Abfrage aus Listing 7.4 einzufügen wäre.

**Listing 7.6:** Variablenbelegung: Indikator-Kennzahl

```
1 ea:resultInstance ea:hasResult<Kennzahlname> ?x
```

**Gewichtungsergebnis** Auch die Nutzung von diesem Termtyp ist nur für die Zielfunktion-Kennzahlen vorzusehen, da ein konkreter Bezug zu einem Untersuchungsobjekt vorliegt. Wie in Abschnitt 6.5.2 allgemein zur Gewichtung erläutert, wird das Ergebnis der Gewichtung direkt an dem betreffenden Untersuchungsobjekt dokumentiert. Ein Statement mit einem definierten Prädikat (z. B. `ea:resultWeight`) verbindet das Untersuchungsobjekt mit dem Gewichtungswert. Somit ist für die Ermittlung des Zwischenergebnisses für den aktuellen Termtyp, in Abhängigkeit des Untersuchungsobjekts, die zugehörige Gewichtung zu identifizieren. Hierzu dient die Anweisung aus Listing 7.7. Die Variable „x“ erhält bei der Ausführung den konkreten Wert. Die Anweisung ist dann wiederum als Bestandteil in die CONSTRUCT-Abfrage aus Listing 7.4 einzufügen. Durch die Verwendung der Variable „untersuchungsobjekt“ wird der Bezug zum jeweiligen Untersuchungsobjekt sichergestellt, da die gleichnamige Variable auch in der Grobstruktur der CONSTRUCT-Abfrage (Listing 7.3) genutzt wird. Die verschiedenen Anfrageteile beziehen sich somit jeweils auf das gleiche Untersuchungsobjekt.

**Listing 7.7:** Variablenbelegung: Gewichtungsergebnis

```
1 ?untersuchungsobjekt ea:resultWeight ?x
```

**Gewichtungsvariable** Beim Termtyp „Gewichtungsvariable“ ist das Verfahren ähnlich zum Termtyp „Gewichtungsergebnis“ zuvor. Auch eine Gewichtungsvariable hat einen direkten Bezug zu einem konkreten Untersuchungsobjekt. In Abschnitt 6.5.2 wurde das Vererbungskonzept bei der Gewichtung eingeführt. Entsprechend der Ausgestaltung wird angenommen, dass zu jedem Untersuchungsobjekt pro Gewichtungsvariable ein Statement mit dem entsprechenden Prädikat (z. B. `ea:hasVar<Name>`) sowie dem Variablenwert als Objekt in der Datenbasis vorliegt. Analog zum Termtyp „Gewichtungsergebnis“ ist somit in Abhängigkeit eines Untersuchungsobjekts und durch Nutzung des jeweiligen Prädikats der gewünschte Variablenwert im Rahmen der Ermittlung des Zwischenergebnisses zu identifizieren. Die Anweisung hierzu ist in Listing 7.8 enthalten.

**Listing 7.8:** Variablenbelegung: Gewichtungsvariable

```
1 ?untersuchungsobjekt ea:hasVar<Name> ?x
```

**Vokabularkonzept** Beim Termtyp „Vokabularkonzept“ ist das Ermitteln der benötigten Informationen aufwendiger, verglichen mit den vorherigen Termtypen. In jenen Fällen war das Vorhandensein einer Information auf maximal ein Vorkommen begrenzt, gegebenenfalls bedingt durch den Bezug zu genau einem Untersuchungsobjekt. Bei diesem Termtyp gibt es nun drei Optionen. Es können eine, keine oder sogar mehrere Instanzen des gewählten Konzepts existieren. Der Termtyp betrachtet nur die Ebene der Instanzen und nicht eine davon ausgehende Beziehung z. B. zu einem Eigenschaftswert. Somit ist nur die Zählung der Vorkommen jener Instanzen möglich. Als Ergebnis der Ermittlung wird daher die Anzahl geliefert, wie viele Instanzen des angegebenen Typs innerhalb der Treffermenge sind. Zu unterscheiden ist dabei die Verwendung in einer Indikator-Kennzahl oder in einer Zielfunktion-Kennzahl.

Bei einer Indikator-Kennzahl sind die Instanzen des gewählten Vokabularkonzepts in der gesamten Datenbasis zu zählen. Anstelle einer einzelnen Anweisung, wie bei den vorherigen Termtypen, erfolgt hierbei die Ermittlung des Zwischenergebnisses unter Verwendung einer eigenen SELECT-Abfrage. Diese muss zunächst die Instanzen ermitteln, welche vom Typ des gewünschten Konzepts sind. Danach werden die Vorkommen gezählt und somit die Anzahl (mit der SPARQL-Aggregatfunktion COUNT [Siehe HS13]) ermittelt. Im Gegensatz zu den vorherigen Termtypen muss somit die Information erst ermittelt werden und liegt nicht referenzierbar vor. Listing 7.9 zeigt die zugehörige SELECT-Abfrage. Bei einer konkreten Nutzung ist für <IRI des Konzepts> der konkrete IRI des im Termtyp festgelegten Vokabularkonzepts einzusetzen. Die Anweisung ist dann wiederum in die CONSTRUCT-Abfrage aus Listing 7.4 einzufügen, damit die notwendigen Statements erstellt werden können.

**Listing 7.9:** Variablenbelegung: Vokabularkonzept - Indikator

```
1 SELECT (COUNT(?instance) AS ?x)
2 WHERE { ?instance a <IRI des Konzepts> . }
```

Bei einer Zielfunktion-Kennzahl kommt als weitere Betrachtungsebene der Bezug zu den Untersuchungsobjekten hinzu. Damit muss nun für jedes Untersuchungsobjekt einzeln ermittelt werden, wie viele Instanzen des angegebenen Vokabularkonzepts mit dieser in einer engen „logischen Beziehung“ stehen. An dieser Stelle können die zuvor abgeleiteten Direktverbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und ihren zugehörigen Instanzen genutzt werden (siehe Abschnitt 7.5.2.1). Dies vereinfacht die Anfrage deutlich, da an dieser Stelle nun keine Pfade neu ermittelt werden müssen. Auch für die Zielfunktion-Kennzahl liefert eine SELECT-Abfrage mit der Aggregatfunktion COUNT das gewünschte Ergebnis. Sie ist im Listing 7.10 dargestellt.

Im WHERE-Block der SELECT-Abfrage wird zunächst für ein Untersuchungsobjekt eine in Beziehung stehende Instanz ermittelt. Dies erfolgt durch das Muster mit dem vereinbarten Prädikat `ea:relatedInstance`. Zugleich ist sicherzustellen, dass diese Instanz vom Typ des im Termtyp geforderten Konzepts ist. Dies erfolgt für alle Instanzen in der Datenbasis, deren Statements auf die angegebenen Muster passen. Danach werden alle Instanzen anhand des zugehörigen Untersuchungsobjekts gruppiert („GROUP BY“ in SPARQL [Siehe HS13]) und die Anzahl der Instanzen pro Untersuchungsobjekt gezählt (mit der SPARQL-Aggregatfunktion COUNT [Siehe HS13]). Individuell festzulegen ist das Verhalten, wenn keine Instanzen mit einem Untersuchungsobjekt in Verbindung stehen. Möglich wäre die Interpretation als Zahlwert null, sodass die Kennzahlenberechnung dennoch erfolgen kann. Alternativ kann das Zwischenergebnis für dieses Untersuchungs-

objekt ausgelassen werden, wobei dann die Kennzahl für das aktuelle Untersuchungsobjekt insgesamt nicht berechnet werden könnte. Dies ist aus dem Kontext heraus für die spezifische Situation bzw. Bedeutung der Kennzahl zu definieren.

**Listing 7.10:** Variablenbelegung: Vokabularkonzept - Zielfunktion

```

1 SELECT ?untersuchungsobjekt (COUNT(?instance) AS ?x)
2 WHERE { ?untersuchungsobjekt ea:relatedInstance ?instance .
3         ?instance a <IRI des Konzepts> . }
4 GROUP BY ?untersuchungsobjekt

```

**Eigenschaft** Der Umgang mit diesem Termtyp baut auf den Erläuterungen zum vorherigen Termtyp „Vokabularkonzept“ auf. Allerdings wird an dieser Stelle nicht nur das gewünschte Konzept vorgegeben, sondern auch eine Eigenschaft berücksichtigt, die eine Instanz besitzen muss. Beides wurde im Rahmen der Kennzahldefinition durch Festlegung des Termtyps gemeinsam definiert (siehe Abschnitt 7.4.1).

Auch bei diesem Termtyp müssen die benötigten Informationen zunächst in der Datenbasis ermittelt werden. Gleichzeitig können ebenfalls mehrere Instanzen des gewählten Konzepts existieren. Somit muss auch hier die Verwendung eigener SELECT-Abfragen erfolgen.

Die Bedeutung der Eigenschaft ist dabei individuell. Daher wurde bereits in Abschnitt 7.4.1 bei der Kennzahldefinition eine ergänzende Angabe empfohlen, wie die in der Datenbasis enthaltenen Informationen zu einer Zahl aggregiert werden sollen.

Diese Festlegung ist auch in den SPARQL-Ausdruck zu übersetzen. Es existieren bereits verschiedene Aggregatfunktionen in SPARQL, dazu zählen MAX (maximaler Wert), MIN (minimaler Wert), AVG (Durchschnitt), SUM (Summierung) und COUNT (Zählung der Vorkommen) [Siehe HS13]. Wobei fachlich zu entscheiden ist, ob für den Eigenschaftswert bei mehreren Treffern auch doppelte Vorkommen berücksichtigt werden sollen oder nur unterschiedliche Werte. Im letzteren Fall ist die jeweilige Aggregatfunktion durch das Schlüsselwort DISTINCT zu ergänzen [Siehe HS13].

Zu unterscheiden ist wiederum die Verwendung in einer Indikator-Kennzahl oder in einer Zielfunktion-Kennzahl.

Bei einer Indikator-Kennzahl werden alle Instanzen in der gesamten Datenbasis betrachtet, die vom Typ des gewählten Konzepts sind und zugleich Subjekt eines Statements mit dem gewählten Prädikat sind. Das Objekt des Statements entspricht dabei jeweils dem gesuchten Eigenschaftswert, welcher in der Berechnung verwendet werden soll. In Listing 7.11 ist die zugehörige SELECT-Abfrage in SPARQL-Syntax beschrieben. Als Beispiel sei angenommen, dass nur unterschiedliche Werte berücksichtigt (DISTINCT) und die Werte summiert (SUM) werden sollen. Zudem sind die beiden Informationen <IRI des Konzepts> und <IRI des Prädikats> durch die jeweils bei der Definition des Termtyps vorgenommenen Festlegungen zu ersetzen. Wobei in der Definition aus Nutzersicht die Festlegung anhand des Klartextnamens aus dem Vokabular erfolgen sollte und der zugehörige IRI im Hintergrund verwendet würde.

**Listing 7.11:** Variablenbelegung: Eigenschaft - Indikator

```

1 SELECT (SUM(DISTINCT ?wert) AS ?x)
2 WHERE { ?instance a <IRI des Konzepts> .
3         ?instance <IRI des Prädikats> ?wert . }

```

Bei einer Zielfunktion-Kennzahl kommt erneut als weitere Betrachtungsebene der Bezug zu den Untersuchungsobjekten hinzu. Es werden damit die Instanzen gesucht, die mit dem jeweiligen Untersuchungsobjekt in Beziehung stehen. Auch in diesem Fall können die zuvor ermittelten Direktverbindungen zur Vereinfachung der Anfragen genutzt werden. Wie beschrieben, kann für den vorliegenden Termtyp „Eigenschaft“ eine zweite Variante unterschieden werden. Die angegebene Eigenschaft beschreibt dabei nicht die Referenz auf einen konkreten Wert, sondern auf eine dazwischen befindliche Ressource, die für einen Datenwert steht. Die Navigation erfolgt dann über einen zusätzlichen Schritt.

Die Ermittlung für diesen Termtyp ist verwandt mit dem Vorgehen zuvor beim Termtyp „Vokabularkonzept“, jedoch nun mit der zusätzlichen Betrachtung der im Termtyp angegebenen Eigenschaft. Ebenso ist das Vorgehen ähnlich dem Vorgehen bei der Indikator-Kennzahl zuvor, hier nun ergänzt um den Bezug zu den Untersuchungsobjekten.

Zunächst werden daher erneut pro Untersuchungsobjekt jene Instanzen ermittelt, welche mittels Direktverbindungsprädikat, z. B. `ea:relatedInstance`, in Beziehung mit dem Untersuchungsobjekt stehen. Zugleich besteht weiterhin die Forderung, dass diese Instanzen vom Typ des gewählten Konzepts sind. Ebenfalls gilt weiterhin die Forderung, dass die Instanz zugleich Subjekt eines Statements ist, das mit dem gewählten Prädikat auf den Eigenschaftswert verweist.

Für die Ausprägung einer indirekten Referenzierung eines Datenwertes muss zusätzlich noch in der Abfrage berücksichtigt werden, dass ausgehend von einer mit dem Prädikat `ea:relatedInstance` referenzierten Instanz weitere Verbindungen relevant sind. Zunächst betrifft dies die Verbindung von dieser Instanz zu der per „linkTo-Data“-Beziehung verbundenen Datentypinstanz (siehe Abschnitt 7.5.2.1). Ausgehend von dort ist die weitere Referenz auf den konkreten Wert relevant. Hier wird erneut der mehrschrittige Zugriff sichtbar, allerdings vereinfacht durch die ermittelten Direktverbindungen.

Danach werden in beiden Varianten die Vorkommen pro Untersuchungsobjekt gruppiert. Die Aggregatfunktion richtet sich, wie beim Termtyp „Vokabularkonzept“, nach der Festlegung in der Definition des Termtyps.

In Listing 7.12 ist die erste Variante (direkte Referenz auf den Wert) skizziert. Als Beispiel sei angenommen, dass der Maximalwert (MAX) verwendet werden soll. Zudem wären die Informationen <IRI des Konzepts> bzw. <IRI des Prädikats> zu konkretisieren.

**Listing 7.12:** Variablenbelegung: Eigenschaft - Zielfunktion - Variante 1 (direkte Referenzierung)

```

1 SELECT ?untersuchungsobjekt (MAX(?wert) AS ?x)
2 WHERE { ?untersuchungsobjekt ea:relatedInstance ?instance .
3         ?instance a <IRI des Konzepts> .
4         ?instance <IRI des Prädikats> ?wert . }
5 GROUP BY ?untersuchungsobjekt

```

Listing 7.13 skizziert die zweite Variante in Form der indirekten Referenzierung. Die wesentlichen Unterschiede zum Listing 7.12 sind hervorgehoben. Dies betrifft die beiden zusätzlich zu berücksichtigenden Verbindungen.

**Listing 7.13:** Variablenbelegung: Eigenschaft - Zielfunktion - Variante 2 (indirekte Referenzierung)

```

1 SELECT ?untersuchungsobjekt (MAX(?wert) AS ?x)
2 WHERE { ?untersuchungsobjekt ea:relatedInstance ?instance .
3         ?instance a <IRI des Konzepts> .
4         ?instance <LinkToData-Prädikat> ?datainstance .
5         ?datainstance <Prädikat zum Wert> ?wert . }
6 GROUP BY ?untersuchungsobjekt

```

Die obigen Ausführungen verdeutlichen, wie sich unmittelbar für die skizzierten Termtypen konkrete SPARQL-Anweisungen ableiten lassen. Dies kann durch eine entsprechende Systemunterstützung automatisiert erfolgen. Zusätzlich wurde bereits in Abschnitt 7.4.1 darauf hingewiesen, dass weitere Ausprägungen von Termtypen denkbar sind.

Es sei hierbei auf eine Möglichkeit als Beispiel eingegangen, welche die bisher recht einfache Aggregation erweitern könnte. Bisher erfolgt eine Aggregation direkt über alle gefundenen Treffer, entweder gemäß der Indikator- oder der Zielfunktion-Ausprägung. Denkbar sind jedoch auch Fälle, wo eine Zwischenebene bei der Aggregation sinnvoll ist. Etwa wenn zu einem Untersuchungsobjekt als Beispiel mehrere Anwendungen zugehörig sind, denen wiederum jeweils mehrere Kostenangaben zugeordnet sind. Nun kann es fachlich sinnvoll sein, zunächst die Kosten pro Anwendung zu aggregieren und erst danach auf diese aggregierten Werte eine weitere Aggregatfunktion anzuwenden. So könnten als Beispiel die geringsten Gesamtkosten der beteiligten Anwendungen innerhalb eines Untersuchungsobjekts ermittelt werden.

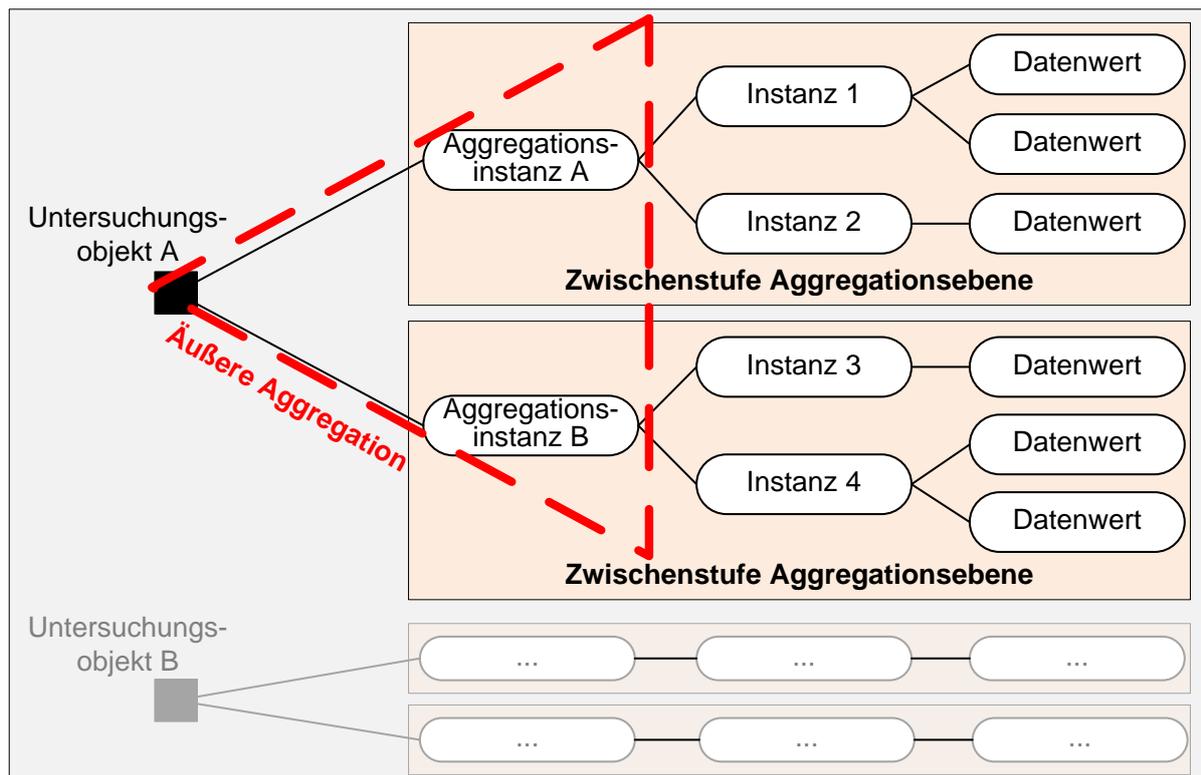
Für die Definition dieses Verhaltens ist etwa die Nutzung einer dedizierten Funktion angemessen, wie es in der Kennzahldefinition (siehe Abschnitt 7.4.1) möglich ist. Für das geschilderte Szenario einer zwischengeschalteten Aggregationsebene wären zwei Argumente für die Funktion erforderlich. Das erste Argument ähnelt formal dem Termtyp „Eigenschaft“. Hiermit würden das jeweilige Konzept und dessen zugehörige Eigenschaft festgelegt werden, um die gewünschten Datenwerte zu selektieren. Wie zuvor erwähnt, kann im Termtyp bereits eine Aggregatfunktion angegeben werden. Diese Aggregatfunktion gibt an dieser Stelle an, wie die Werte auf der Zwischenebene aggregiert werden sollen. Das zweite Funktionsargument würde für dieses Szenario formal dem Termtyp „Vokabularkonzept“ ähneln. Hierbei würde ein Konzept aus dem EA-Vokabular angegeben werden, dessen Instanzen die innere Aggregationsebene spezifizieren. Die ergänzende Aggregatfunktion gibt in diesem Kontext an, wie die zwischengeschaltete Aggregationsebene zu einem Wert zusammengefasst werden soll. Dieser Wert entspricht dann dem Funktionsergebnis, sodass dieser als einziger Wert in die Berechnungsvorschrift eingeht. Dieses Vorgehen ist in der Abbildung 7.14 skizziert.

Dies verdeutlicht, dass neben weiteren Termtypen auch die bestehenden Termtypen genutzt und kombiniert werden können, um eine weiterführende Funktionalität anzubieten. Im Funktionskontext haben die Termtypen dann eventuell spezifische Bedeutungen.

Die Kennzahldefinition ist bei Bedarf somit um diese Fälle zu ergänzen. Die Methodik ist dabei so flexibel, dass dies unterstützt wird. Auch diese Funktionen können in SPARQL realisiert werden, analog zu den obigen Beschreibungen der Termtypen. Standardisierte oder häufig genutzte Funktionen könnten zu Standardbausteinen werden. Dies kann im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten untersucht und ausgestaltet werden.

Es kann für die beschriebenen Termtypen festgehalten werden, dass mit Ihnen als Bestandteile bereits vielfältige Szenarien abbildbar sind. Zugleich kann hervorgehoben werden, dass alle Termtypen nach SPARQL überführt werden können. Die Listings haben jeweils entsprechende SPARQL-Ausschnitte präsentiert. Diese Anweisungen können dann wie eingangs erwähnt, in die Grobstruktur zur Ermittlung der Zwischenergebnisse für die Termtypen in Listing 7.4 eingefügt werden. Damit können die Statements für die Zwischenergebnisse auf Basis der Termtypen erzeugt werden.

Diese neu erzeugten Statements für die Zwischenergebnisse können in einem nächsten Schritt sehr einfach in der tatsächlichen Kennzahlberechnung direkt abgefragt werden. Dies erfolgt durch Anreicherung der zu Beginn erläuterten Listings 7.2 (Grobstruktur Indikator-Kennzahl) und 7.3 (Grobstruktur Zielfunktion-Kennzahl), welche den Aufbau der Abfragen abstrakt skizzieren.



**Abbildung 7.14:** Nutzung einer zusätzlichen Aggregationsebene zur Zusammenfassung von Datenwerten in Abhängigkeit ihrer Zugehörigkeit zu dieser Ebene (Quelle: Eigene Darstellung)

Es sei zunächst auf die Kennzahlart Indikator eingegangen und das Listing 7.2 entsprechend nun erweitert. Dies ist in Listing 7.14 dargestellt. Im WHERE-Block der CONSTRUCT-Anfrage erfolgt die eigentliche Berechnung. Hierzu wird die zuvor in SPARQL-Syntax überführte Berechnungsvorschrift in eine geschachtelte SELECT-Abfrage innerhalb des WHERE-Blocks eingefügt, welche die Berechnung des Ergebnisses realisiert (Zeile 3). Listing 7.1 zeigte ein Beispiel für das Überführen einer Formel nach SPARQL inklusive der SPARQL-Variablen, welche zur Berechnung mit den Zwischenergebnissen als konkrete Werte zu belegen sind.

In der geschachtelten SELECT-Abfrage werden die zuvor ermittelten Zwischenergebnisse aus der Datenbasis passend für jeden Platzhalter bzw. jede SPARQL-Variable abgefragt, sodass die Berechnung durchgeführt werden kann (Zeilen 4 und 5). Die Ermittlung der Zwischenergebnisse stellt dabei sicher, dass jeweils nur ein einzelner Wert für eine Variable existiert. Möglicherweise liegt auch kein Zwischenergebnis für eine Variable vor, sodass die Kennzahl nicht berechnet werden kann.

Durch Ergänzung dieser beschriebenen Bestandteile ergibt sich für die Indikator-Kennzahl das resultierende Listing 7.14 in Pseudocode.

**Listing 7.14:** Ergänzter Grobstruktur CONSTRUCT-Anfrage für Indikator-Kennzahl

```

1 ... PREFIX-Angaben ...
2 CONSTRUCT { ea:resultInstance ea:hasResult<Kennzahlname> ?x }
3 WHERE { SELECT (<Berechnungsausdruck in SPARQL-Syntax> AS ?x)
4     WHERE { ea:resultInstance ea:hasTermResult<Termtypname> <Variable für Termtyp> .
5         ... weitere Zwischenergebnisse für die Variablen ... } }

```

Gemäß den Erläuterungen in [Siehe HS13; und ergänzend siehe AH11, S. 104-105] zu Unterabfragen in SPARQL 1.1 erfolgt hierbei die Ausführung von innen nach außen. Bezogen

auf das Listing 7.14 werden zunächst die Zwischenergebnisse aus der Datenbasis selektiert, zur Belegung der Variablen durch die Angabe entsprechender Muster im WHERE-Block der inneren SELECT-Abfrage (Zeilen 4 und 5). Die Zwischenergebnisse sind wie beschrieben an der zentralen Instanz (`ea:resultInstance`) dokumentiert. Die Variablen sind namensgleich auch im Berechnungsausdruck in der SELECT-Abfrage enthalten. Dieser kann danach ausgewertet werden und liefert genau einen Ergebniswert, da die Auswertung über der gesamten Datenbasis erfolgt. Dieses Berechnungsergebnis wird anschließend der Ergebnisvariable „x“ zugewiesen (Zeile 3). Die äußere CONSTRUCT-Abfrage erzeugt zum Schluss ein neues Statement, welches der zentralen Instanz (`ea:resultInstance`) über das definierte Prädikat (`ea:hasResult<Kennzahlname>`) das soeben ermittelte Berechnungsergebnis zuweist (Zeile 2). Das so erzeugte Statement kann der Datenbasis hinzugefügt werden.

Es ist fachlich individuell festzulegen, wie mit fehlenden Zwischenergebnissen umzugehen ist. Eine Strategie wäre die Annahme eines Standardwertes (z. B. Zahl null). Eine andere Strategie wäre das Überspringen der Kennzahlberechnung, da nicht alle Zwischenergebnisse vorliegen.

Im Fall der Zielfunktion-Kennzahl ist das Vorgehen vergleichbar. Ein wesentlicher Unterschied ist allerdings die Ablage der Ergebnisse direkt an den Untersuchungsobjekten. Ebenso sind auch die Zwischenergebnisse an einzelnen Untersuchungsobjekten dokumentiert, anstatt an einer zentralen Instanz. Demzufolge müssen die Zwischenergebnisse für die einzelnen Variablen der Berechnungsvorschrift stets mit Bezug zu einem Untersuchungsobjekt referenziert werden. Bezogen auf die Berechnung im vorliegenden Fall wird die Formel somit pro Untersuchungsobjekt mit den jeweiligen Zwischenergebnissen gefüllt und berechnet. Dadurch ergibt sich für jedes Untersuchungsobjekt ein individuelles Ergebnis. Das führt zu der ergänzten Grobstruktur für Zielfunktion-Kennzahlen in Listing 7.15. Die Unterschiede gegenüber der Indikator-Berechnung, durch den Bezug zu den Untersuchungsobjekten, sind hervorgehoben.

**Listing 7.15:** Ergänzte Grobstruktur CONSTRUCT-Anfrage für Zielfunktion-Kennzahl

```

1 ... PREFIX-Angaben ...
2 CONSTRUCT { ?untersuchungsobjekt ea:hasResult<Kennzahlname> ?x }
3 WHERE { SELECT ?untersuchungsobjekt (<Berechnungsausdruck in SPARQL-Syntax> AS ?x)
4     WHERE { ?untersuchungsobjekt ea:hasTermResult<Termtypname> <Variable für Termtyp> .
5         ... weitere Zwischenergebnisse für die Variablen ... } }
```

Auch hier erfolgt gemäß [Siehe HS13; und ergänzend siehe AH11, S. 104-105] die Ausführung von innen nach außen. Es werden im WHERE-Block der inneren SELECT-Abfrage, abweichend zur Indikator-Kennzahl, die Zwischenergebnisse zur Belegung der Variablen mit Bezug zu einem bestimmten Untersuchungsobjekt selektiert (Zeilen 4 und 5). Danach gehen die Werte wie zuvor in die Berechnungsvorschrift aufgrund der namensgleichen Variablen ein. Die SELECT-Abfrage durchläuft dabei jedoch alle Untersuchungsobjekte einmal, sodass die Berechnung jeweils pro Untersuchungsobjekt ein eigenes Ergebnis in der Ergebnisvariable „x“ liefert (Zeile 3). Die äußere CONSTRUCT-Abfrage erzeugt ein neues Statement für jedes vorkommende Untersuchungsobjekt, mit dem über das definierte Prädikat (`ea:hasResult<Kennzahlname>`) das spezifische Berechnungsergebnis referenziert wird (Zeile 2). Alle so erzeugten Statements können der Datenbasis hinzugefügt werden.

Darüber hinaus ist es auch denkbar, dass bestehende Kennzahlenwerte pro Untersuchungsobjekt direkt zugeliefert werden. Es würde dann die Berechnung, wie sie hier ausgeführt wurde, entfallen. Die Werte können dann direkt in Form neuer Statements mit Bezug zum jeweiligen Untersuchungsobjekt und unter Verwendung der zuvor skizzierten Prädikate in die Datenbasis eingefügt werden. Quellen für diese Werte könnten Erhebungen sein, wie z. B. die in Abschnitt 6.4.1 bei der Ermittlung von Dienstleistungsqualität genannten Befragungen, Beob-

achtungen oder tatsächlichen Messungen. Ebenso könnten die Werte aus Quellen stammen, in denen bereits einzelne Kennzahlen berechnet wurden.

Die obigen Erläuterungen verdeutlichen, dass die Definitionen von Kennzahlen und Termtypen transparent und systemgestützt in z. B. SPARQL-Repräsentationen überführt werden können. So stellen die obigen Ausführungen zu den Termtypen Schablonen dar, die angewandt werden können. Für einen Nutzer der Methodik wäre es somit bei entsprechender Werkzeugunterstützung (siehe etwa der Prototyp in Abschnitt 8.3) nicht erforderlich, einen Ausdruck in SPARQL eigenhändig zu erfassen. Dieser könnte sich auf die fachliche Beschreibung der Auswertung konzentrieren.

Wobei es daneben auch denkbar ist, manuell SPARQL-Abfragen an die Datenbasis zu richten, um gezielt Informationen abzurufen. Ebenso sind Zugriffe auf die Datenbasis mittels spezieller Semantic-Web-Frameworks möglich, wie z. B. mit Apache Jena [Siehe The18e]. Damit sind umfangreiche und komplexe Szenarien beliebig abbildbar. Ergänzend dazu auch die Erläuterungen in [Vgl. Heb+09].

### 7.5.2.3 Umwandlung der Formelergebnisse in Performance-Werte bei Zielfunktion-Kennzahlen

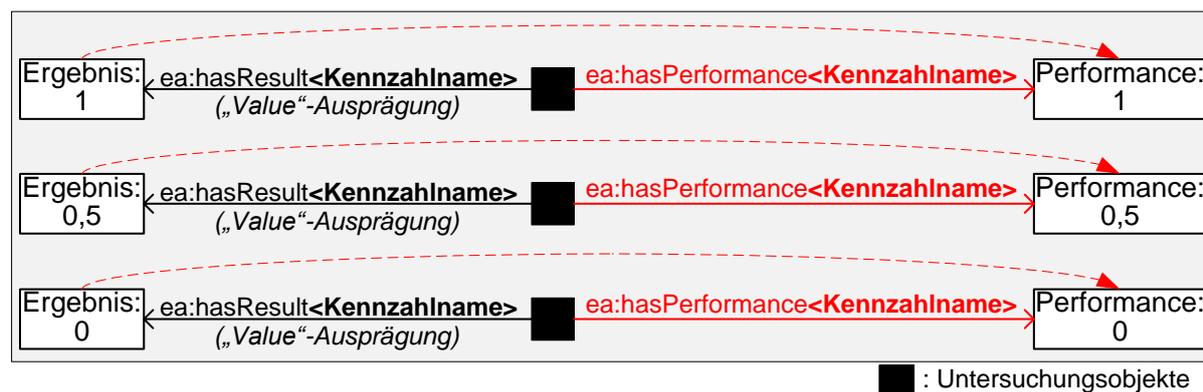
Mit der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Berechnung der absoluten Werte pro Untersuchungsobjekt ist die Ermittlung der Ergebnisse für die Zielfunktion-Kennzahlen noch nicht abgeschlossen. Bisher noch unberücksichtigt blieb die Ausprägung der Kennzahl, siehe Abschnitt 7.4.1. Sie gibt an, ob die Zielrichtung der Kennzahl ein Minimum oder Maximum ist, oder ob der berechnete Wert (Wertebereich 0 bis 1) direkt verwendet werden soll. Die Berücksichtigung der Ausprägung ist erforderlich, um die Ergebnisse der Zielfunktion-Kennzahlen in der Analysemethodik verwenden zu können (siehe Abschnitt 7.3).

Für die Zielfunktion-Kennzahlen erfolgt daher in diesem Schritt eine Abbildung der zuvor ermittelten Formelberechnungen auf den Wertebereich 0 bis 1, entsprechend der Kennzahlausprägungen. Die resultierenden Werte entsprechen den Performance-Werten (siehe Abschnitt 7.3). Diese gehen im nächsten Schritt der Methodik (siehe Beschreibung in Abschnitt 7.5.3) als Komponenten in die Ratingberechnung ein, basierend auf der IPA-Rating-Formel  $\text{Rating} = \text{Importance} \cdot (1 - \text{Performance})$  (siehe Abschnitt 6.4.3).

Die Kennzahlausprägung „Value“ ist der einfachste Fall. Dem klassischen Verständnis der IPA folgend (siehe Abschnitt 6.4.2), ist auch hier ein größerer Performance-Wert positiver zu bewerten als ein niedrigerer. Für die Berechnungsformel wurde diesbezüglich angenommen, dass bereits Werte im Bereich zwischen 0 und 1 ermittelt werden (siehe Abschnitt 7.4.1). Dokumentiert sind diese Werte durch Statements, bestehend aus dem jeweiligen Untersuchungsobjekt als Subjekt, dem Wert als Objekt und dem definierten Prädikat (z. B. `ea:hasResult<Kennzahlname>`, siehe Abschnitt 7.5.2.2). Diese Werte können folglich ohne Transformation als Performance-Werte in die Datenbasis übernommen werden. Auch die Performance-Werte werden mittels definierter Prädikate (z. B. `ea:hasPerformance<Kennzahlname>`) am zugehörigen Untersuchungsobjekt dokumentiert. In Abbildung 7.15 ist die Ablage der übernommenen Werte in der Datenbasis grafisch für drei Beispielwerte verdeutlicht.

Bei der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion ist eine direkte Übernahme der zuvor berechneten, absoluten Formelergebnisse nicht vorgesehen. Stattdessen muss eine Transformation vorab erfolgen. Die Intention der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl ist dabei, dass sich die Bewertungen aller Untersuchungsobjekte nach einem Maximum richten.

Zur Bestimmung eines Maximums sind dabei unterschiedliche Varianten denkbar. Eine erste Möglichkeit ist inspiriert vom Instrument des Benchmarkings, dass neben einer externen Sicht



**Abbildung 7.15:** Übernahme der berechneten Formelergebnisse als Performance-Werte bei der „Value“-Ausprägung und Neuanlage von Statements (Quelle: Eigene Darstellung)

auch eine interne Sicht besitzen kann [Stellvertretend siehe Rau96]. Im vorliegenden Fall wären die Untersuchungsobjekte dabei die internen, gegeneinander zu vergleichenden Elemente. Demzufolge wäre bei der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion der größte, unter allen Untersuchungsobjekten für diese Kennzahl berechnete Wert gleichbedeutend mit dem Maximumwert. Das zugehörige Untersuchungsobjekt wird dabei als das „beste“ Objekt bezüglich dieser Kennzahl interpretiert. Entsprechend ist der kleinste, unter allen Untersuchungsobjekten für diese Kennzahl vorkommende Wert als „schlechtester“ Wert anzusehen. Der Idee des Benchmarkings folgend, werden damit für die jeweils aktuelle Kennzahl alle Untersuchungsobjekte in einem direkten Vergleich zueinander betrachtet.

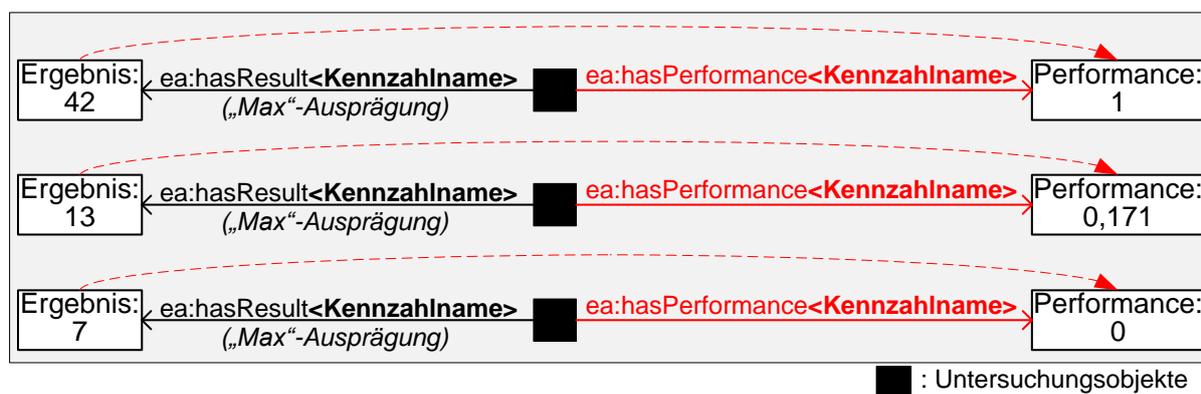
Der größte vorkommende Wert wird folglich auf den Performance-Wert 1 (sehr gute Leistung) abgebildet, der kleinste vorkommende Wert auf 0 (schlechte Leistung). Alle anderen Werte der übrigen Untersuchungsobjekte werden auf das Intervall 0 bis 1 gemäß ihres spezifischen Wertes abgebildet. Demnach ergibt sich die Performance-Bewertung eines Untersuchungsobjekts in Abhängigkeit von anderen Untersuchungsobjekten, für die auch die gleiche Kennzahl berechnet wurde. Auf die mathematische Ermittlung wird nachfolgend gesondert eingegangen. Ein Spezialfall liegt vor, wenn der kleinste Wert dem größten Wert entspricht.

Eine andere Möglichkeit zur Bestimmung des Maximums ist die explizite Festlegung eines absoluten, maximalen (d. h. idealen oder besten) Wertes, unabhängig davon, ob mindestens ein Untersuchungsobjekt dieses Ideal erreicht hat. Zudem wird ein absolutes Minimum als schlechteste Ausprägung festgelegt. Auch hier entspricht das Maximum dem Performance-Wert 1, der absolut kleinste Wert wird auf 0 abgebildet. Für alle Untersuchungsobjekte erfolgt nun bezüglich ihres individuell berechneten Wertes die Abbildung auf dieses Intervall. Damit sind die Grenzen absolut festgelegt und richten sich nicht nach den tatsächlich vorkommenden Werten. Die mathematische Abbildung ist dabei identisch zu den dynamisch festgelegten Werten zuvor. Als Ausnahmeregelung sei berücksichtigt, dass größere Werte als das eigentlich festgelegte Maximum, trotzdem auf 1 abgebildet werden. Vergleichbar gilt dies für kleinere Werte als das festgelegte Minimum.

Der maximale Wert wird als 100%-Erfüllung bzw. sehr gute Leistung angesehen, der kleinste Wert als 0%-Erfüllung bzw. schlechte Leistung. Dies entspricht der Intention der „Max“-Ausprägung, wonach der Wert für ein Untersuchungsobjekt möglichst groß sein sollte.

Analog zur „Value“-Ausprägung erfolgt auch in diesem Fall die Ablage der Performance-Werte in der Datenbasis, hier jedoch erst nach der beschriebenen Abbildung auf den Wertebereich zwischen 0 und 1. Es wird ebenfalls das zuvor bereits festgelegte Prädikat (z. B.

ea:hasPerformance<Kennzahlname>) verwendet, um die Performance-Werte an den jeweiligen Untersuchungsobjekten zu dokumentieren. Abbildung 7.16 verdeutlicht dieses grafisch. Wobei die Struktur der Statements unabhängig davon ist, wie die Extrema zuvor festgelegt wurden. In der Abbildung ist die Zahl 42 der größte Wert, wohingegen die Zahl 7 der kleinste vorkommende Wert ist. Der Wert 13 befindet sich dazwischen und wird entsprechend auf das Intervall 0 bis 1 abgebildet.



**Abbildung 7.16:** Umwandlung der berechneten Formelergebnisse in Performance-Werte gemäß der „Max“-Ausprägung (Quelle: Eigene Darstellung)

Bevor im Detail auf die mathematische Abbildung der berechneten Formelergebnisse eingegangen wird, sei noch die „Min“-Ausprägung der Zielfunktion-Kennzahl erläutert.

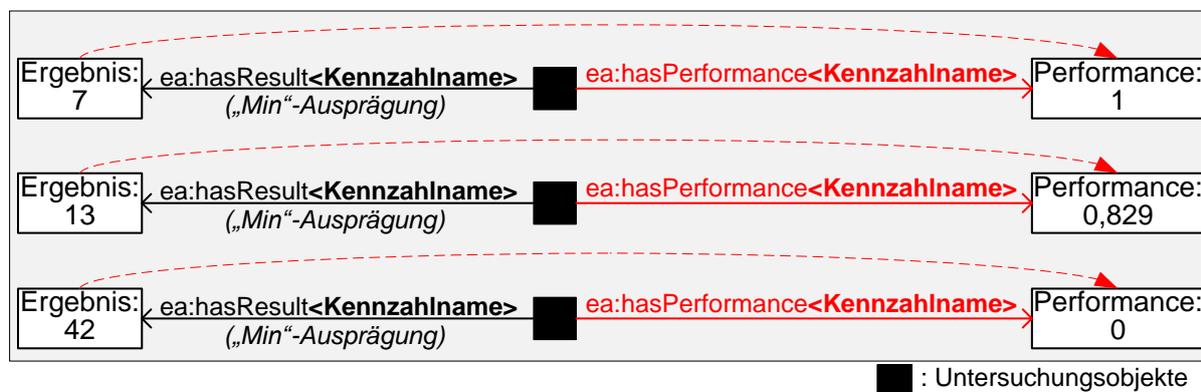
Wie in Abschnitt 7.5.1 eingeführt, verfolgt die „Min“-Ausprägung die entgegengesetzte Intention zur „Max“-Ausprägung. Im Gegensatz zur Maximierung ergibt sich für die Minimierung, dass der minimale Wert als 100%-Erfüllung bzw. sehr gute Leistung angesehen wird. Der maximale Wert wird hingegen als 0%-Erfüllung bzw. schlechte Leistung angesehen. Ein kleinerer Wert ist somit erstrebenswerter. Wie z. B. niedrige Kosten oder eine geringe erforderliche Zeit. Das Minimum als ideale Ausprägung (Abbildung auf Performance-Wert 1) kann auf unterschiedliche Weisen festgelegt werden. Eine erste Möglichkeit zur Festlegung ist die Übernahme des kleinsten, unter allen Untersuchungsobjekten vorkommenden Wertes für die aktuelle Kennzahl. Alternativ kann auch eine explizite, absolute Festlegung erfolgen. Ebenso ist auch der größte Wert festzulegen, der gemäß der Minimierungsintention als schlechtester Wert (Abbildung auf 0) interpretiert wird. Auch hier ist die Gleichheit des größten und kleinsten Wertes als Sonderfall zu behandeln.

Die Erzeugung entsprechender Statements ist der Vollständigkeit halber in Abbildung 7.17 skizziert und lehnt sich an die Erläuterungen zur Abbildung 7.16 für die Maximierung-Ausprägung an.

Bisher wurde erläutert, wie die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Kennzahlausprägung auf das Intervall 0 bis 1 abgebildet werden können. Im Folgenden soll nun auf die Berechnung der Performance-Werte näher eingegangen werden, also wie die Abbildung im Fall der Maximierung bzw. Minimierung erfolgen kann. Dieser Verfahrensvorschlag orientiert sich an einer für die Beteiligten nachvollziehbaren Vorgehensweise. Die Abbildungsfunktion kann jedoch bei Bedarf variiert werden und eine abweichende Transformation ermöglichen.

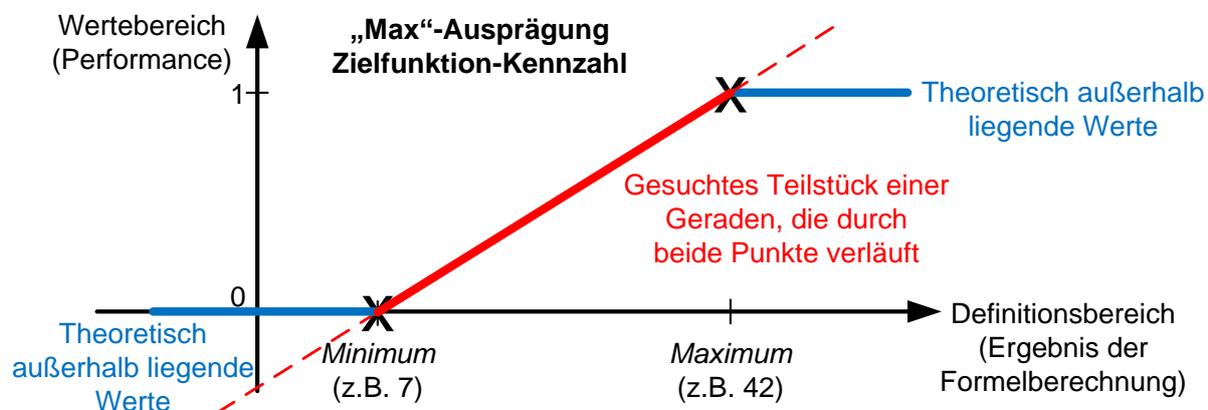
Es wird folglich eine Funktion gesucht, welche das Intervall der jeweils für eine Kennzahl berechneten Formelergebnisse auf das Intervall 0 bis 1 entsprechend der Kennzahlausprägung (Max, Min) abbildet. Dies kann mittels einer stetigen Funktion erfolgen, wie z. B. in [Siehe GR13, S. 272] beschrieben. Im vorliegenden Fall der Zielfunktion-Kennzahlen wird eine

Abbildung angenommen, die alle Werte zwischen den Extrema linear verteilt. Dies ist eine naheliegende Interpretation der Anforderung.



**Abbildung 7.17:** Umwandlung der berechneten Formelergebnisse in Performance-Werte gemäß der „Min“-Ausprägung (Quelle: Eigene Darstellung)

Sei zunächst wieder auf die „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl eingegangen. Grafisch veranschaulicht wird die angestrebte Umwandlung des Ergebniswerts in einen Performance-Wert in Abbildung 7.18. Der zuvor verwendete Beispielwert 42 sei der größte vorkommende Wert, sodass dieser das Maximum darstellt. Das Maximum wird auf 1 abgebildet. Analog stellt der Wert 7 das Minimum dar. Somit wird dieser Wert auf 0 abgebildet. Dies ist in Abbildung 7.18 veranschaulicht. Durch die Punkte (Minimum, 0) und (Maximum, 1) ist eine Gerade (siehe Abbildung 7.18) gegeben. Alle anderen Werte zwischen 7 und 42 werden entlang dieser Geraden verteilt. Es gilt also die entsprechende Funktion zu bestimmen, welche die in der Abbildung skizzierte Gerade beschreibt. Wobei nur Werte betrachtet werden sollen, die zwischen dem Minimum- und dem Maximum-Wert liegen. Theoretisch außerhalb dieser Grenzen liegende Werte werden fest auf 0 bzw. 1 abgebildet.



**Abbildung 7.18:** Abbildung der Formelberechnungen bei der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl auf Performance-Werte (Quelle: Eigene Darstellung)

Sei eine lineare Funktion wie in [Siehe GR13, S. 77] durch die Gleichung (7.4) gegeben:

$$y = f(x) = a \cdot x + b \quad (7.4)$$

mit:

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  : Definitions- und Wertebereich ist  $\mathbb{R}$

$a, b \in \mathbb{R}$  : Parameter

$\mathbb{R}$  : Menge der reellen Zahlen [Siehe GR13, S. 77].

Werden nun jeweils die Punkte (Maximum, 1) und (Minimum, 0) in die Funktion (7.4) eingesetzt, so ergeben sich die folgenden zwei Gleichungen eines linearen Gleichungssystems:

$$1 = a \cdot \text{Maximum} + b \quad (7.5)$$

$$0 = a \cdot \text{Minimum} + b \quad (7.6)$$

Durch Umformungen und Einsetzen kann dieses Gleichungssystem gelöst und die beiden offenen Parameter  $a$  und  $b$  ermittelt werden. Zunächst erfolgt ein Auflösen der zweiten Gleichung des Gleichungssystems (7.6) nach  $b$ :

$$0 = a \cdot \text{Minimum} + b \quad \Leftrightarrow \quad b = -(a \cdot \text{Minimum}) \quad (7.7)$$

Danach wird dieser Term (7.7) für den Parameter  $b$  in die erste Gleichung des Gleichungssystems (7.5) eingesetzt. Jene Gleichung wird dann nach  $a$  aufgelöst:

$$1 = a \cdot \text{Maximum} - (a \cdot \text{Minimum}) \quad (7.8a)$$

$$\Leftrightarrow 1 = a \cdot (\text{Maximum} - \text{Minimum}) \quad (7.8b)$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{1}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \quad (7.8c)$$

Durch Einsetzen dieses Terms (7.8c) in die Gleichung (7.7) kann dort der Parameter  $a$  ersetzt werden. Damit kann für den Parameter  $b$  ein entsprechender Term ermittelt werden:

$$b = -(a \cdot \text{Minimum}) \quad (7.9a)$$

$$\Leftrightarrow b = - \left( \frac{1}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \cdot \text{Minimum} \right) \quad (7.9b)$$

$$\Leftrightarrow b = - \left( \frac{\text{Minimum}}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \right) \quad (7.9c)$$

Damit wurden jeweils Terme für  $a$  (7.8c) und  $b$  (7.9c) hergeleitet, welche nun in die allgemeine Funktionsgleichung (7.4) eingesetzt werden können. Durch entsprechende Umformungen ergibt sich dann eine Darstellung der Funktionsvorschrift:

$$f(x) = \frac{1}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \cdot x + \left( - \left( \frac{\text{Minimum}}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \right) \right) \quad (7.10a)$$

$$\Leftrightarrow f(x) = \frac{x}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} - \frac{\text{Minimum}}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \quad (7.10b)$$

$$\Leftrightarrow f(x) = \frac{x - \text{Minimum}}{\text{Maximum} - \text{Minimum}} \quad (7.10c)$$

Damit existiert mit Gleichung (7.10c) eine Abbildungsvorschrift, welche für die „Max“-Ausprägung der Zielfunktion-Kennzahl einen berechneten Wert auf den Wertebereich 0 bis 1 abbildet. Der resultierende Wert entspricht dem Performance-Wert. Für theoretisch außerhalb des Bereichs zwischen Minimum und Maximum liegende Werte sei angenommen, dass sie fest auf 0 bzw. 1 abgebildet werden.

Für das zuvor genannte Beispiel mit den Extremwerten 7 (Minimum) und 42 (Maximum) ergibt sich dann die nachfolgende Funktionsvorschrift. Aus Gründen der Vollständigkeit sei explizit der Umgang mit Werten berücksichtigt, die theoretisch außerhalb der festgelegten Extremwerte liegen. Dies bezieht sich auf die Fälle 1 und 3 der Funktion (7.11).

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{wenn } x < 7 \\ \frac{x - 7}{42 - 7} & \text{wenn } x \geq 7 \text{ und } x \leq 42 \\ 1 & \text{wenn } x > 42 \end{cases} \quad (7.11)$$

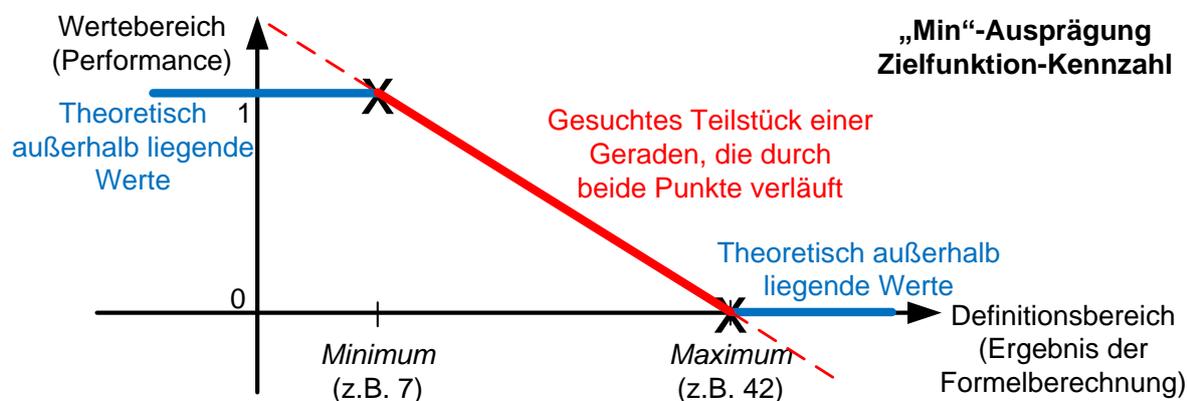
Wird der Wert 13 (siehe Abbildung 7.16) in die Funktion (7.11) eingesetzt, so kann dieser auf den entsprechenden Performance-Wert abgebildet werden:

$$\begin{aligned} f(13) &= \frac{13 - 7}{42 - 7} \\ &= \frac{6}{35} \\ &= 0,171 \end{aligned}$$

Das Vorgehen bei der „Min“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl ergibt sich nun analog. Für diesen Fall wird nun ebenfalls eine Funktion gesucht. Da beim Anstreben einer Minimierung ein kleiner Wert gegenüber einem größeren Wert als besser angesehen wird, muss die Funktion jedoch den kleinsten Wert auf 1 abbilden. Der größte Wert wird hingegen auf 0 abgebildet. Grafisch ist diese veränderte Situation in Abbildung 7.19 veranschaulicht. Als Beispiel seien wieder die oben verwendeten Werte 7 (kleinster Wert/ Minimum) und 42 (größter Wert/ Maximum) angenommen. Theoretisch außerhalb dieser Grenzen liegende Werte werden fest auf 1 (kleiner als der angenommene Wert für das Minimum) bzw. 0 (größer als der angenommene Wert für das Maximum) abgebildet.

Aufgrund der Vollständigkeit sei die mathematische Herleitung auch für die „Min“-Ausprägung beschrieben. Durch das Vertauschen der Rollen von Minimum und Maximum

ist jedoch die Erwartung, dass sich diese beiden Komponenten auch in der Herleitung und im Ergebnis nur vertauschen.



**Abbildung 7.19:** Abbildung der Formelberechnungen bei der „Min“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl auf Performance-Werte (Quelle: Eigene Darstellung)

Werden nun diese beiden Punkte (Minimum, 1) und (Maximum, 0) jeweils in die oben angegebene, allgemeine Form einer linearen Funktion (7.4) eingesetzt, so ergeben sich die beiden folgenden Gleichungen eines linearen Gleichungssystems:

$$1 = a \cdot \text{Minimum} + b \quad (7.12)$$

$$0 = a \cdot \text{Maximum} + b \quad (7.13)$$

Durch Umformungen und Einsetzen kann dieses Gleichungssystem vergleichbar zum Maximierung-Fall zuvor gelöst und die beiden offenen Parameter  $a$  und  $b$  ermittelt werden. Erneut erfolgt ein Auflösen der zweiten Gleichung des Gleichungssystems (7.13) nach  $b$ :

$$0 = a \cdot \text{Maximum} + b \quad \Leftrightarrow \quad b = -(a \cdot \text{Maximum}) \quad (7.14)$$

Danach wird dieser Term (7.14) für den Parameter  $b$  in die erste Gleichung des Gleichungssystems (7.12) eingesetzt. Es folgt ein Auflösen nach  $a$ :

$$1 = a \cdot \text{Minimum} - (a \cdot \text{Maximum}) \quad (7.15a)$$

$$\Leftrightarrow 1 = a \cdot (\text{Minimum} - \text{Maximum}) \quad (7.15b)$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{1}{\text{Minimum} - \text{Maximum}} \quad (7.15c)$$

Durch Einsetzen dieses Terms (7.15c) in die Gleichung (7.14) kann dort der Parameter  $a$  ersetzt werden. Damit kann für den Parameter  $b$  ein entsprechender Term ermittelt werden:

$$b = -(a \cdot \text{Maximum}) \quad (7.16a)$$

$$\Leftrightarrow b = -\left(\frac{1}{\text{Minimum} - \text{Maximum}} \cdot \text{Maximum}\right) \quad (7.16b)$$

$$\Leftrightarrow b = -\left(\frac{\text{Maximum}}{\text{Minimum} - \text{Maximum}}\right) \quad (7.16c)$$

Damit wurden jeweils Terme für  $a$  (7.15c) und  $b$  (7.16c) hergeleitet, welche nun in die allgemeine Funktionsgleichung (7.4) eingesetzt werden können. Durch entsprechende Umformungen ergibt sich dann eine Darstellung der Funktionsvorschrift:

$$f(x) = \frac{1}{\text{Minimum} - \text{Maximum}} \cdot x + \left(-\left(\frac{\text{Maximum}}{\text{Minimum} - \text{Maximum}}\right)\right) \quad (7.17a)$$

$$\Leftrightarrow f(x) = \frac{x}{\text{Minimum} - \text{Maximum}} - \frac{\text{Maximum}}{\text{Minimum} - \text{Maximum}} \quad (7.17b)$$

$$\Leftrightarrow f(x) = \frac{x - \text{Maximum}}{\text{Minimum} - \text{Maximum}} \quad (7.17c)$$

Damit existiert mit Gleichung (7.17c) eine allgemeine Abbildungsvorschrift, welche für die „Min“-Ausprägung der Zielfunktion-Kennzahl einen berechneten Wert auf den Wertebereich 0 bis 1 abbildet. Der resultierende Wert entspricht dem Performance-Wert. Dabei ist die Ähnlichkeit der beiden Terme für die „Max“-Ausprägung (7.10c) und die „Min“-Ausprägung (7.17c) erkennbar. Wie zu erwarten war, besteht der Unterschied im Vertauschen der Platzhalter Minimum und Maximum. Es gilt auch hier, dass theoretisch außerhalb der Grenzen (Minimum, Maximum) liegende Werte fest auf 1 bzw. 0 abgebildet werden.

Für das zuvor genannte Beispiel mit den Extremwerten 7 (Minimum) und 42 (Maximum) ergibt sich dann die nachfolgende Funktionsvorschrift. Aus Gründen der Vollständigkeit sei explizit der Umgang mit Werten berücksichtigt, die theoretisch außerhalb der festgelegten Extremwerte liegen. Dies bezieht sich auf die Fälle 1 und 3 der Funktion (7.18).

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{wenn } x < 7 \\ \frac{x - 42}{7 - 42} & \text{wenn } x \geq 7 \text{ und } x \leq 42 \\ 0 & \text{wenn } x > 42 \end{cases} \quad (7.18)$$

Wird der Wert 13 (siehe Abbildung 7.17) in die Funktion (7.18) eingesetzt, so kann dieser auf den entsprechenden Performance-Wert abgebildet werden:

$$\begin{aligned}
 f(13) &= \frac{13 - 42}{-35} \\
 &= \frac{-29}{-35} \\
 &= 0,829
 \end{aligned}$$

Somit wurden allgemeine Abbildungsvorschriften für die Ausprägungen „Max“ (7.10c) und „Min“ (7.17c) einer Zielfunktion-Kennzahl ermittelt, welche die berechneten Formelergebnisse auf Performance-Werte im Wertebereich 0 bis 1 abbilden. Besonders zu beachten ist in beiden Fällen, wenn die kleinsten und größten Werte gleich sind. Dann wäre die Berechnung aufgrund einer Division durch 0 nicht zulässig. In diesem Sonderfall sei eine feste Abbildung auf 1 vorgeschlagen, da jeder Wert „gleich gut“ ist. Eine andere Interpretation wäre ebenso denkbar.

Im Fall der „Value“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl liegt mathematisch betrachtet eine Abbildung eines Wertes auf sich selbst vor, da der Wert bereits im Intervall 0 bis 1 ist. Nachfolgende Gleichung gibt dieses wieder:

$$f(x) = x, \text{ mit } x \in [0, 1] \quad (7.19)$$

Wie zuvor beschrieben, sollen auch die Performance-Werte in der Datenbasis abgelegt werden. Für jede individuelle Kennzahlenberechnung für ein Untersuchungsobjekt ist ein individuelles Statement zu erzeugen. Das Untersuchungsobjekt ist dabei jeweils das Subjekt und der Performance-Wert das Objekt. Als Prädikat sei `ea:hasPerformance<Kennzahlname>` für die entsprechende Kennzahl angenommen.

Für die Transformation der Formelergebnisse in die Performance-Werte und das Erzeugen der Statements ist die Verwendung von SPARQL möglich. Gleichwohl könnte auch eine alternative Technologie eingesetzt werden.

Um nun für eine bestimmte Zielfunktion-Kennzahl die Werte umzuwandeln und die Statements zu erzeugen, kann die in Listing 7.16 dargestellte SPARQL-Grobstruktur einer CONSTRUCT-Abfrage (siehe Abschnitt 4.3.5) genutzt werden. Auf äußerster Ebene der Abfrage steht in Zeile 2 das Muster für die zu erzeugenden Statements mit dem Prädikat `ea:hasPerformance<Kennzahlname>`. Im WHERE-Block in Zeile 3 wird sichergestellt, dass nur Instanzen jenes Vokabularkonzepts verwendet werden, welches für das Untersuchungsobjekt steht. Das Konzept ist durch einen konkreten IRI anzugeben. Anschließend wird in Zeile 4, durch ein entsprechendes Muster auf Basis des Prädikats `ea:hasResult<Kennzahlname>`, das im vorherigen Schritt berechnete Formelergebnis für das jeweilige Untersuchungsobjekt bezüglich der betrachteten Kennzahl selektiert. Das Ergebnis wird danach in Zeile 5 unter Anwendung der Abbildungsvorschrift transformiert. Hierzu ist die Abbildungsvorschrift in SPARQL-Syntax zu formulieren, worauf nachfolgend eingegangen wird.

Mittels BIND kann in SPARQL ein Wert einer Variablen zugewiesen werden [Siehe HS13]. Im vorliegenden Fall wird der transformierte Wert der Variablen `p` zugewiesen. Die Variable wird im Statement-Muster auf der äußersten Ebene in Zeile 2 verwendet. Damit wird dem aktuell betrachteten Untersuchungsobjekt der individuelle Performance-Wert zugeordnet, bezogen auf die konkrete Kennzahl. Die CONSTRUCT-Abfrage stellt sicher, dass alle Untersuchungsobjekte einmal für die vorliegende Kennzahl berücksichtigt werden. Somit wird für jedes

Untersuchungsobjekt, das über ein zuvor berechnetes Formelergebnis verfügt, ein individuelles Statement mit dem Performance-Wert erzeugt. Am Ende kann dieser entstandene Graph mit den neuen Statements in die Datenbasis eingefügt werden.

**Listing 7.16:** Grobstruktur CONSTRUCT-Anfrage zur Umwandlung der Formelergebnisse einer Zielfunktion-Kennzahl in Performance-Werte

```

1 ... PREFIX-Angaben ...
2 CONSTRUCT { ?untersuchungsobjekt ea:hasPerformance<Kennzahlname> ?p }
3 WHERE { ?untersuchungsobjekt a <Konzepttyp Untersuchungsobjekt> .
4       ?untersuchungsobjekt ea:hasResult<Kennzahlname> ?x .
5       BIND ( <Abbildungsvorschrift für Kennzahlausprägung> AS ?p ) . }
```

Sei als Beispiel die allgemeine Abbildungsvorschrift für die „Max“-Ausprägung (7.10c) in SPARQL-Syntax erfasst, siehe Listing 7.17. Die Übersetzung ergibt sich, wie zu sehen ist, unmittelbar anhand der Ausgangsformel. <Minimum> und <Maximum> seien gemäß der obigen Erläuterung Platzhalter in diesem Pseudocode für die kleinsten bzw. größten Werte. Entsprechend der Art der Festlegung (absolute Grenzen oder tatsächlich vorkommende Extrema) sind die Platzhalter zu ersetzen. SPARQL erlaubt dabei die explizite Verwendung von Funktionen zum Umwandeln, damit das Vorliegen eines bestimmten Datentyps sichergestellt wird [Siehe HS13]. Im Listing werden auf diese Weise mit <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double>( <Wert> ) die eingesetzten Werte als Double-Werte ausgewiesen.

**Listing 7.17:** Abbildungsvorschrift für Performance-Werte bei der „Max“-Ausprägung einer Zielfunktion-Kennzahl in SPARQL-Syntax

```

1 ( ?x - <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double>( <Minimum> ) ) /
2 ( <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double>( <Maximum> ) -
3   <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double>( <Minimum> ) )
```

Dieser SPARQL-Ausdruck kann in die obige Grobstruktur (siehe Listing 7.16) eingesetzt werden, um die Umrechnung für die „Max“-Ausprägung vorzunehmen.

Wie in Abschnitt 7.4.1 bei der Kennzahldefinition erwähnt, sind neben den Ausprägungen „Max“, „Min“ und „Value“ auch weitere Zielausdrücke denkbar. Hierzu wären an dieser Stelle ähnliche Konzeptionen für die Umwandlung der ermittelten Werte in Performance-Werte vorzunehmen. Damit könnten dann auch für diesen Fall die erforderlichen Statements erzeugt und in der Datenbasis eingefügt werden.

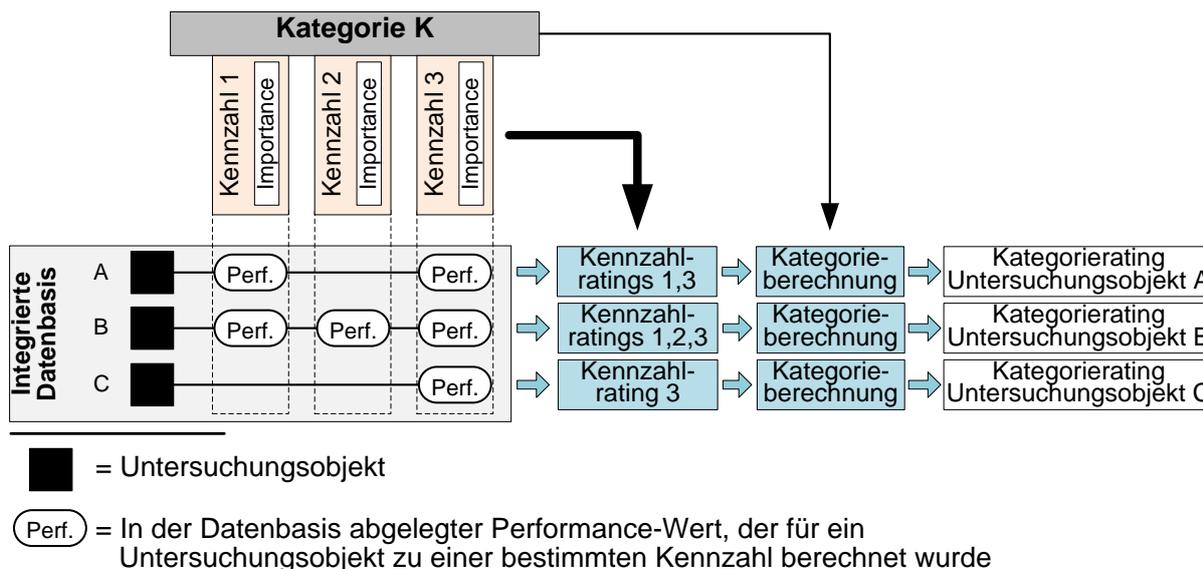
Könnte für ein Untersuchungsobjekt bezüglich einer Kennzahl kein Formelergebnis berechnet werden, dann kann somit zunächst auch kein Performance-Wert ermittelt werden. Das Untersuchungsobjekt kann daher für diese Kennzahl weder als „gut“ noch als „schlecht“ eingeordnet werden, da keine Aussage getroffen werden kann. Bei entsprechender Vereinbarung kann jedoch in einem konkreten Anwendungsfall abweichend ein bestimmter Performance-Wert standardmäßig für solche Konstellationen vorgesehen werden. Dann könnte das Untersuchungsobjekt bei der Berechnung der Kennzahlenratings dennoch berücksichtigt werden.

### 7.5.3 Berechnung der Kategorie- und Gesamtratings

Im Abschnitt 7.3 wurde auf die Ergänzung der IPA-Rating-Methodik eingegangen, als Grundlage für den vorliegenden EA-Analyseansatz. Einer der neu aufgenommenen Aspekte ist die gestufte Zusammenfassung der Einzelbewertungen von Untersuchungsobjekten (hier die Zielfunktion-Kennzahlen). Beim IPA-Rating gibt es wie erläutert lediglich einzelne Ansätze, bei denen Einzelbewertungen in eingeschränkter Form zusammengefasst werden (siehe Abschnitt 6.4.3).

Im vorliegenden EA-Analyseansatz werden die Kennzahlratings zunächst zu Kategorieratings und diese durch Gewichtung zu einem Gesamtrating für ein Untersuchungsobjekt aggregiert. Dies entspricht der dritten übergeordneten Aktivität, welche in Abbildung 7.7 skizziert und im Abschnitt 7.5.1 erläutert wurde. Die Berechnung der Ratings wird in diesem Abschnitt beschrieben.

Eine Kategorie kann mehrere Zielfunktion-Kennzahlen nach frei wählbaren Kriterien zusammenfassen (siehe Abschnitt 7.4.2). Im ersten Schritt des Berechnungsvorgehens wird nun individuell pro Untersuchungsobjekt, für jede definierte Kategorie ein eigenes Kategorierating anhand der zugehörigen Kennzahlen erstellt. Dies ist in Abbildung 7.20 visualisiert.



**Abbildung 7.20:** Berechnung der Kategorieratings individuell pro Untersuchungsobjekt, bestehend aus einzelnen Kennzahlratings (Quelle: Eigene Darstellung)

Ein Kennzahlrating ergibt sich aus dem Performance-Wert von einem Untersuchungsobjekt zu der jeweiligen Kennzahl sowie der Kennzahl-Importance. Im Beispiel in Abbildung 7.20 sind für das Untersuchungsobjekt A nur zwei Performance-Werte für Kennzahlen in der Datenbasis enthalten, sodass zwei Kennzahlratings ermittelt werden. Für Untersuchungsobjekt B liegen alle Performance-Werte vor, sodass drei Kennzahlratings ermittelt werden können. Für Untersuchungsobjekt C ist nur ein Kennzahlrating zu berechnen.

Die Ratings von Kennzahlen aus einer Kategorie ergeben zusammengefasst für das jeweilige Untersuchungsobjekt ein individuelles Kategorierating. In der Abbildung ergibt sich folglich für jedes der drei Untersuchungsobjekte jeweils ein Kategorierating. Existieren mehrere Kategorien, so wiederholt sich dieses Vorgehen pro Kategorie. Für ein Untersuchungsobjekt wird somit pro definierte Kategorie ein individuelles Kategorierating ermittelt, sofern entsprechende Kennzahlratings vorliegen.

Um die Ratingberechnungen in einem Schritt zu bündeln und gleichzeitig eventuell geänderte Importance-Angaben (Kennzahlebene; siehe Abschnitt 7.4.1) zu berücksichtigen, kann die Berechnung des Kennzahlratings ebenfalls in diesem Schritt zu Beginn durchgeführt werden.

In Abschnitt 6.4.3 wurde die grundlegende Formel (6.2) beim IPA-Rating zur Berechnung des Ratingwerts für ein bestimmtes Attribut eingeführt. Die Formel wird an dieser Stelle auf den vorliegenden Kontext übertragen und für die Berechnung eines Kennzahlratings von einem Untersuchungsobjekt verwendet, siehe Formel (7.20). Die Interpretation der Formelbestandteile variiert leicht. Die Intention der Formel bleibt dagegen unberührt. Das Rating ergibt sich

weiterhin aus der Importance, die in der Kennzahldefinition dieser Kennzahl zugeordnet wurde, sowie aus dem Wert der Dissatisfaction. Dieser Wert ergibt sich, wenn der im vorherigen Schritt aus den Kennzahlergebnissen ermittelte Performance-Wert von 1 subtrahiert wird. Die Verwendung der Dissatisfaction fokussiert dabei auf die Betrachtung der Unzufriedenheit (siehe Abschnitt 6.4.3). Ein Unterschied zu den IPA-Rating-Anwendungen in Abschnitt 6.4.3 ist die Betrachtung mehrerer Untersuchungsobjekte. Mehrheitlich wurde zuvor ein Objekt oder eine Leistung betrachtet, wofür die einzelnen Attribute bewertet wurden. An dieser Stelle wird nun explizit eine Menge von Objekten betrachtet und bewertet. Daher ergibt sich in der Formel ein zusätzlicher Index  $j$  für die Untersuchungsobjekte.

Als Formel für ein Kennzahlrating ergibt sich somit:

$$R_{jk} = I_k \cdot (1 - P_{jk}) \quad (7.20)$$

mit:

$R_{jk}$  : Rating für die Kennzahl  $k$  bezüglich des Untersuchungsobjekts  $j$

$I_k$  : Importance-Wert für die Kennzahl  $k$  mit  $0 \leq I_k \leq 1$

$P_{jk}$  : Performance-Wert für Kennzahl  $k$  bezüglich Untersuchungsobjekt  $j$  mit  $0 \leq P_{jk} \leq 1$

$j$  : Index für Untersuchungsobjekte mit  $j = 1, \dots, m$

$k$  : Index für Kennzahlen mit  $k = 1, \dots, n$

$m$  : Anzahl Untersuchungsobjekte

$n$  : Anzahl Kennzahlen.

Für die Berechnung können somit die Importance aus der Kennzahldefinition und der Performance-Wert für ein Untersuchungsobjekt zu der aktuellen Kennzahl aus der integrierten Datenbasis entnommen werden (siehe Abschnitt 7.5.2.3). Aus diesen beiden Werten ergibt sich dann auf Basis der obigen Formel (7.20) das Rating für ein bestimmtes Untersuchungsobjekt bezüglich einer konkreten Kennzahl. Die Kennzahlratings können optional auch in der Datenbasis am betreffenden Untersuchungsobjekt mittels eines entsprechenden Prädikats abgelegt werden.

Die Berechnung eines Kategorieratings ist in der nachfolgenden Formel (7.21) beschrieben. Sie orientiert sich an der in Abschnitt 6.4.3 beim IPA-Rating eingeführten Aggregation mehrerer Einzelratings aus Formel (6.3). Das Kategorierating liegt dabei ebenfalls im Wertebereich zwischen 0 und 1. Auch in diesem Fall variiert die Interpretation der Formelbestandteile leicht. So ist das Ergebnis nicht bereits der Gesamtratingwert, sondern erst ein Ergebnis auf Kategorieebene. Zudem wird auch hier der zusätzliche Index  $j$  für die Untersuchungsobjekte berücksichtigt.

Die Berechnung erfolgt dann vergleichbar zur Ausgangsformel (6.3). So werden die Einzelratings (hier: Kennzahlratings) summiert und das arithmetische Mittel berechnet. Gegenüber der Formel für eine Kennzahl (7.20) wird  $R_{jk}$  durch den Kategoriebezug um einen zusätzlichen Index  $p$  erweitert, somit  $R_{jpk}$ .

$$KatR_{jp} = \frac{\sum_{k=1}^r R_{jpk}}{r} \quad (7.21)$$

mit:

- $KatR_{jp}$  : Rating der Kategorie  $p$  bezüglich des Untersuchungsobjekts  $j$   
 $R_{jpk}$  : Rating für die Kennzahl  $k$  in der Kategorie  $p$  für das Untersuchungsobjekt  $j$   
 $j$  : Index für Untersuchungsobjekte mit  $j = 1, \dots, m$   
 $k$  : Index für Kennzahlen mit  $k = 1, \dots, r$   
 $p$  : Index für Kategorien mit  $p = 1, \dots, q$   
 $m$  : Anzahl Untersuchungsobjekte  
 $r$  : Anzahl vorhandener Kennzahlratings in der Kategorie  $p$  für das Untersuchungsobjekt  $j$   
 $q$  : Anzahl Kategorien.

Es sei hervorgehoben, dass nur solche Kennzahlen einbezogen werden, die zur aktuellen Kategorie gehören und auch tatsächlich für das jeweilige Untersuchungsobjekt ein Rating besitzen. Siehe dem Beispiel in Abbildung 7.20. So existieren zwei Performance-Werte für das Untersuchungsobjekt A, wodurch sich zwei Kennzahlratings ergeben. Bei Untersuchungsobjekt B gibt es drei Kennzahlratings und beim Untersuchungsobjekt C liegt hingegen nur ein Kennzahlrating vor.

Dies begründet sich darin, dass nicht alle definierten Kennzahlen für jedes Untersuchungsobjekt berechenbar sind. Würde etwa eine Kennzahl in ihrer Berechnungsvorschrift ein bestimmtes Vokabularkonzept referenzieren und ein Untersuchungsobjekt mit keiner Instanz dieses Konzepts in Beziehung stehen, dann ist eine Berechnung der Kennzahl eventuell nicht sinnvoll. Auch könnte die Kennzahldefinition unvollständig oder falsch sein (siehe Abschnitt 7.4.1), sodass sie überhaupt nicht berechnet werden kann.

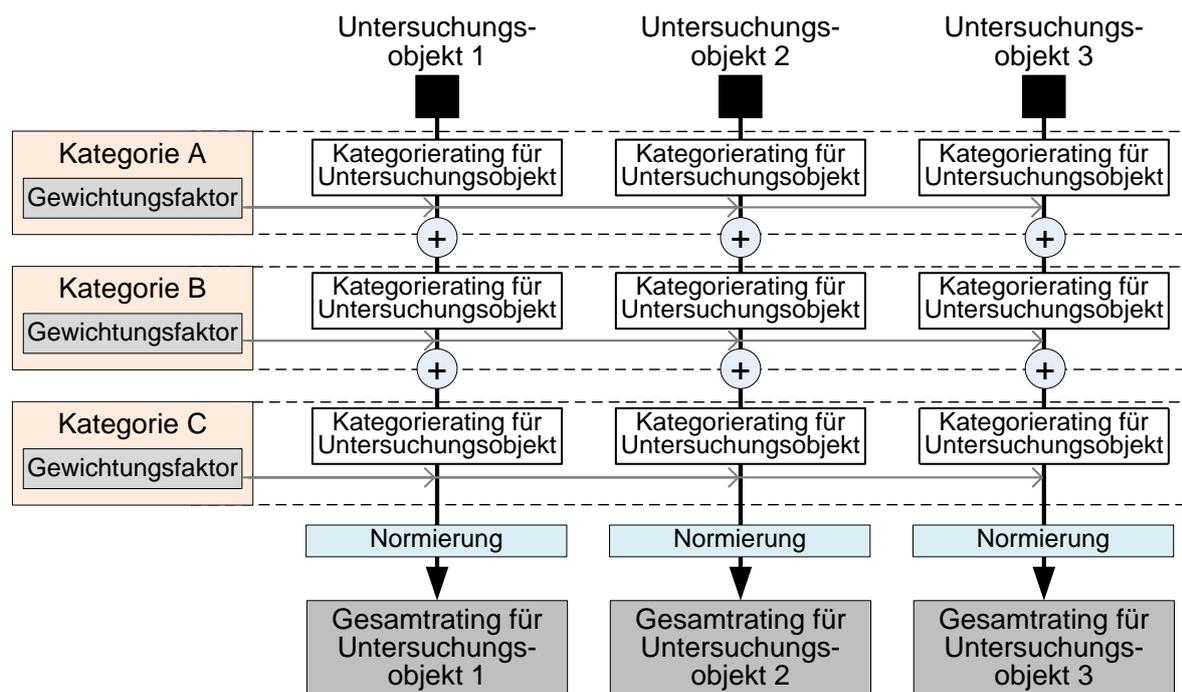
Entsprechend dem fachlichen Kontext kann festgelegt werden, wie mit fehlenden Kennzahl- oder Kategorieratings umzugehen ist. Der vorliegende Ansatz trifft hierzu keine Festlegung.

Das Fehlen einzelner Kennzahlergebnisse wird von der Methodik toleriert. Die Berechnung des Gesamtratings kann in jenem Fall dennoch erfolgen. Obgleich die Methodik einen Überblick aus ganzheitlicher Sicht bieten soll (siehe etwa Abschnitt 7.1) und daher eine Berücksichtigung möglichst vieler Kennzahlen aus unterschiedlichen Perspektiven bzw. Kategorien wünschenswert ist. Auch wenn einzelne Kennzahlen für bestimmte Untersuchungsobjekte nicht berechenbar sein sollten, besteht dennoch der Überblickscharakter des Gesamtratings weiter.

Bis hierhin liegen nun für alle Untersuchungsobjekte ihre jeweiligen Kategorieratings berechnet vor. In einem letzten Schritt können nun diese Kategorieratings, gewichtet mit den Gewichtungsfaktoren der Kategorien, zu einem Gesamtrating pro Untersuchungsobjekt aggregiert werden. Dies stellt gleichzeitig eine weitere Ergänzung gegenüber dem beschriebenen IPA-Rating (siehe Abschnitt 6.4.3) dar.

Dieser Zusammenhang zwischen Kategorie- und Gesamtratings ist in Abbildung 7.21 für drei Untersuchungsobjekte skizziert. Es wird jeweils das individuelle Ergebnis der Kategorieratings für das betrachtete Untersuchungsobjekt verwendet und mit den allgemeinen Gewichtungsfaktoren dieser Kategorien gewichtet. Der Gewichtungsfaktor wurde im Rahmen der Kategoriedefinition (siehe Abschnitt 7.4.2) angegeben (z. B. 1 bis 10). Die Ausgestaltung des Gewichtungsfaktors kann dabei beliebig festgelegt sein.

Diese gewichteten Ratings werden addiert und normiert, sodass sich als Gesamtergebnis wieder ein Wert aus dem Bereich 0 bis 1 ergibt. Die Normierung richtet sich nach der Ausgestaltung der Gewichtungsfaktoren, wobei nachfolgend vereinfachend ein absoluter Faktorwert (z. B. 1 bis 10) angenommen wird. Zur Normierung wird die Summe der gewichteten Kategorieratings bezüglich eines Untersuchungsobjekts durch die Summe der Gewichtungsfaktoren der beteiligten Kategorien geteilt. Die Berechnung der Gesamtratings ist in der folgenden Formel (7.22) beschrieben:



**Abbildung 7.21:** Berechnung der Gesamtratings pro Untersuchungsobjekt, unter Einbeziehung der gewichteten Kategorieratings (Quelle: Eigene Darstellung)

$$GesamtR_j = \frac{\sum_{p=1}^q (KatR_{jp} \cdot GewichtKat_p)}{\sum_{p=1}^q GewichtKat_p} \quad (7.22)$$

mit:

- $GesamtR_j$  : Gesamtratingwert für Untersuchungsobjekt  $j$  über alle Kategorien
- $KatR_{jp}$  : Rating der Kategorie  $p$  für das Untersuchungsobjekt  $j$
- $GewichtKat_p$  : Gewichtungsfaktor der Kategorie  $p$
- $j$  : Index für Untersuchungsobjekte mit  $j = 1, \dots, m$
- $m$  : Anzahl Untersuchungsobjekte
- $p$  : Index für Kategorien mit  $p = 1, \dots, q$
- $q$  : Anzahl Kategorien.

Damit konnte nun für jedes Untersuchungsobjekt das individuelle Gesamtrating berechnet werden. Diese Gesamtratings sind die Grundlage für die Empfehlung und Priorisierung des möglichen Bedarfs an Handlungen, bezogen auf einzelne Untersuchungsobjekte. Die getroffenen Aussagen erfolgen dabei vor dem Hintergrund einer Gesamtsicht. Im nächsten Abschnitt wird auf die Interpretation der Ratings näher eingegangen.

Eine Ablage der Kategorieratings und Gesamtratings in der Datenbasis muss nicht zwingend erfolgen. Stattdessen ist es denkbar, dass sie bei Bedarf neu berechnet werden, eventuell unter Verwendung modifizierter Rahmenbedingungen (z. B. Kennzahl-Importance verändert oder Gewichtungsfaktor einer Kategorie angepasst). Wobei jeweils die aktuell in der Datenbasis vorliegenden Performance-Werte zu verwenden sind.

#### 7.5.4 Interpretation des Ratings

In den vorherigen Abschnitten wurde aufgezeigt, wie Ratings zu Kennzahlen und zu Kategorien berechnet wurden und im letzteren Fall zu Gesamtratings zusammengefasst wurden. Die Interpretation ist dabei gemäß dem in der Vorbetrachtung erläuterten und in Abbildung 7.7 dargestellten Ablauf, der vierte Schritt der Methodik (siehe Abschnitt 7.5.1). Das Ziel der Interpretation ist, Entscheidungen auf Basis der berechneten Ratings zu unterstützen. Damit ist an dieser Stelle vor allem die Feststellung gemeint, welche Untersuchungsobjekte einen dringenden Handlungsbedarf in Bezug auf den per Kennzahlen ausgedrückten Analysezweck aufweisen. Diese Untersuchungsobjekte sollten zuerst mit großer Aufmerksamkeit betrachtet werden. Zugleich stehen die Untersuchungsobjekte dabei für eine übergreifende Betrachtung, wie in Abschnitt 6.5.1 hinsichtlich der Auswahl dieser Objekte erläutert wurde.

Auch das Gesamtrating steht für eine übergreifende Sicht. Es dient dazu, den Handlungsbedarf eines Untersuchungsobjekts aus der Sicht von verschiedenen Perspektiven zu identifizieren. Darauf wurde auch in Abschnitt 7.3 bei der Übertragung des allgemeinen IPA-Ratings auf die vorliegende EA-Methodik eingegangen. Mit dem Gesamtrating wird anstelle der Einzelbetrachtung von Domänen, nun aus Gesamtsicht eine Priorisierung ermöglicht. Diese übergreifende Sicht soll insgesamt zu einem gemeinsamen Verständnis der Beteiligten über den identifizierten und priorisierten Handlungsbedarf führen (siehe Abschnitt 7.1).

Die Bewertung erfolgt dabei für alle Untersuchungsobjekte nach einem einheitlichen Schema. Dies abstrahiert von den unterschiedlichen Ausprägungen der Untersuchungsobjekte und ermöglicht dadurch eine gleichförmige Betrachtung auf Basis abgestimmter Kennzahlen. Wobei auch zugelassen ist, dass Kennzahlen für einzelne Untersuchungsobjekte eventuell nicht berechnet werden können.

Zur Detaillierung des Gesamtratings und zur differenzierten Betrachtung einzelner Aspekte kann auf die Ebene der Kategorieratings gewechselt werden. Analog könnte auch die Kategorieebene weiter detailliert werden, indem die dazugehörigen Kennzahlen betrachtet werden. Das gewährleistet eine durchgängige Nachvollziehbarkeit, wie sich die Ratings zusammensetzen.

Für eine übersichtliche Darstellung der Gesamtratings kann eine tabellarische Auflistung gewählt werden, wie sie in Abbildung 7.22 skizziert ist. Daraus kann auch die eindeutige Reihenfolge der Untersuchungsobjekte entnommen werden. Die Abbildung zeigt eine Beispielanalyse von vier Untersuchungsobjekten. Die Untersuchungsobjekte sind absteigend nach ihrem Gesamtratingwert sortiert. Durch die Umrechnung des Performance-Werts in einen Dissatisfaction-Wert (siehe Abschnitt 7.5.3) steht ein größerer Wert für eine größere Unzufriedenheit. Folglich erscheint der Handlungsbedarf bei einem höheren Ratingwert größer, als bei einem Objekt mit niedrigerem Wert (vgl. IPA-Rating allgemein im Abschnitt 6.4.3).

Wie die Abbildung 7.22 weiter zeigt, setzen sich die Gesamtratings im Beispiel jeweils aus drei gewichteten Kategorieratings zusammen. Auf die weiteren Aspekte der Interpretation sei nachfolgend anhand dieser Abbildung schrittweise eingegangen.

Bei einer großen Menge an Untersuchungsobjekten ist eine Aussage hilfreich, ab welcher Grenze Objekte nicht mehr (zwingend) in z. B. Detailanalysen betrachtet werden müssen. Es sollten stattdessen diejenigen Objekte fokussiert werden, wo der Bedarf einer Handlungsmaßnahme am größten erscheint. Diese Beschränkung hilft einen unnötigen Aufwand durch nicht zwingend notwendige Vorstudien zu vermeiden (siehe Abschnitt 7.1).

Ermöglicht werden solche Aussagen durch die Sortierung nach dem Gesamtratingwert und durch die Nutzung der Grenzwerte. Es kann dabei vorkommen, dass zwei Ratingwerte identisch sind. In diesem Fall, sowie generell zur umfangreicheren Interpretation der berechneten

Beispielerggebnis einer Analyse von Untersuchungsobjekten					
	Gesamtrating	Aussagefähigkeit	Kategorie A (Gewicht: 1)	Kategorie B (Gewicht: 2)	Kategorie C (Gewicht: 4)
■ Untersuchungsobjekt 1	0,254	88 %	0,08	0,15	0,35
■ Untersuchungsobjekt 3	0,179	75 %	0,19	0,15	0,19
■ Untersuchungsobjekt 4	0,094	95 %	0,40	0,05	0,04
■ Untersuchungsobjekt 2	0,094	46 %	0,00	0,09	0,12

dahinter könnte eine Kennzahl mit einer absoluten Grenze als KO-Wert liegen

Grenzwerte:     $\geq 0,20$                     : Dringende Betrachtung eines möglichen Handlungsbedarfs  
                           $\geq 0,10$  bis  $< 0,20$  : Aufmerksam beobachten, noch kein dringender Handlungsbedarf  
                           $< 0,10$                     : Kein dringender Handlungsbedarf

**Abbildung 7.22:** Fiktives Beispiel einer Analyse von vier Untersuchungsobjekten mit Angabe der Gesamtratings und den gewichteten Kategorieratings (Quelle: Eigene Darstellung)

Ratingwerte, kann ein gesondertes Kriterium ermittelt werden: die Aussagefähigkeit des Gesamtratings (siehe einführende Bemerkungen in Abschnitt 7.3). Dieses Kriterium ist auch in der Abbildung angegeben und stellt ein Verhältnismaß dar. Basis ist die Anzahl aller Kennzahlen, welche in den Kategorien referenziert werden. Wie zuvor erwähnt, kann es vorkommen, dass nicht jede referenzierte Kennzahl auch tatsächlich für ein einzelnes Untersuchungsobjekt berechnet werden kann. Somit spielt auch die Anzahl derjenigen Kennzahlen eine Rolle, die in das Gesamtrating tatsächlich eingehen. Folglich kann die Aussagefähigkeit vereinfacht ermittelt werden, als das Verhältnis zwischen der Anzahl berechneter Kennzahlen zur Anzahl der Kennzahlen insgesamt. Die Intention dabei ist, dass je mehr Kennzahlen berechnet werden und in das Gesamtrating einfließen, desto aussagefähiger und abgesicherter ist das Gesamtrating.

Wobei dieses eine mögliche Gestaltung des Kriteriums ist. Es können alternative Interpretation für das Kriterium vorgesehen werden. Die Zusammensetzung sollte den Beteiligten allerdings bekannt sein, damit eine Nachvollziehbarkeit gewährleistet ist.

Sind nun die Gesamtratingwerte zweier Untersuchungsobjekte gleich, so kann die Aussagefähigkeit als zweites Sortierkriterium genutzt werden. Dies hat sich in der Abbildung 7.22 auf die Untersuchungsobjekte 4 und 2 ausgewirkt. Beide besitzen den gleichen Gesamtratingwert, aber durch die absteigende Sortierung der Aussagefähigkeit ist das Untersuchungsobjekt 4 höher eingestuft. Wobei abhängig von der Ausgestaltung der Aussagefähigkeit auch eine aufsteigende Sortierung angebracht sein kann. Damit würden z. B. Objekte mit niedrigerer Aussagefähigkeit einen Rang höher eingeordnet werden, da dort das Maß an Unsicherheit bezüglich der Gesamtaussage höher ist.

Die Verwendung eines zweiten Sortierkriteriums wird beim IPA-Rating bereits angewendet. So wird etwa in [Siehe FHC05, S. 43] die Importance als zweites Kriterium eingesetzt, wenn das Rating für zwei Merkmale gleich sein sollte. Die Merkmale sind vergleichbar mit den Kennzahlen im vorliegenden Ansatz. Die Sortierung erfolgt allerdings im hier beschriebenen EA-Analyseverfahren auf der Ebene der Gesamtratings.

Weitere Sortierungskriterien könnten bei einem weiterhin identischen Rang zweier Untersuchungsobjekte eine eindeutige Priorisierung bewirken.

Die Auswahl aus der sortierten Liste der Untersuchungsobjekte beschränkt sich nicht einzig auf das am schlechtesten bewertete Untersuchungsobjekt (d. h. größtes Gesamtrating). Vielmehr geht es darum, nach einem nachvollziehbaren und von den Beteiligten festgelegten Maßstab, diejenigen Untersuchungsobjekte auszuwählen, bei denen ein Handlungsbedarf aus Gesamtsicht am dringendsten erscheint. Das können ein Objekt oder mehrere Objekte sein. Es ist auch denkbar, dass kein Objekt einen dringenden Handlungsbedarf aufweist, sodass kein Objekt gewählt werden würde.

In der Praxis werden, wie im Abschnitt 6.4.3 bereits erwähnt wurde, beim Einsatz der IPA-Ratingmethodik oftmals Grenzwerte zur Einteilung der Dringlichkeit eines Handlungsbedarfs verwendet. Dies ist auch in Abbildung 7.22 in Anlehnung an [Siehe ETC10, S. 35] übernommen worden und wird nachfolgend entsprechend berücksichtigt.

Wobei der vorliegende Ratingansatz hierzu keine Festlegung vorgibt, wie die Einteilung genau erfolgen soll. Dies ist im Rahmen des jeweiligen praxisbezogenen Einsatzes individuell festzulegen, da hier die Sichtweise des Unternehmens und der fachliche Kontext maßgeblich sind. Mögliche Variationen betreffen neben den absoluten Grenzwerten auch die Anzahl der Grenzwerte selbst. Möglich wäre auch die Auswahl einer bestimmten Anzahl von Objekten, unabhängig von den Grenzwerten, z. B. stets die drei Objekte mit den größten Gesamtratings oder aufgrund eines bestimmten Prozentsatzes, z. B. die 10 % der schlechtesten Untersuchungsobjekte. Letzteres korrespondiert mit den in der Statistik verbreiteten Betrachtungen von Quartilen und Perzentilen (stellvertretend [Siehe BGG04, S. 23-24]).

Für das in Abbildung 7.22 dargestellte Beispiel ergeben sich, in Anlehnung an die zwei in [Siehe ETC10, S. 35] festgelegten Werte, drei Bereiche. Der untere Wert ist 0,1. Der obere Wert zur Einteilung ist 0,2. Der Bereich „größer oder gleich 0,2“ (Untersuchungsobjekte in der Abbildung rot hinterlegt) weist auf einen dringenden Handlungsbedarf hinsichtlich des betroffenen Untersuchungsobjekts hin. Der Bereich „kleiner als 0,1“ (in der Abbildung grün) sagt hingegen aus, dass kein unmittelbarer Handlungsbedarf aus Gesamtsicht erforderlich ist. Untersuchungsobjekte im mittleren Bereich (in der Abbildung gelb) erfordern keine sofortigen Handlungsmaßnahmen, sind aber weiter zu beobachten.

Reichen die Ressourcen an Zeit, Geld, usw. (siehe Abschnitt 7.1) nicht für die Durchführung von Detailanalysen und Maßnahmen für alle als dringlich identifizierten Untersuchungsobjekte aus, dann sollte anhand dieser Menge nach Priorität absteigend vorgegangen werden. Sind hingegen genügend Ressourcen vorhanden, könnten auch Untersuchungsobjekte aus dem mittleren Bereich für Detailanalysen bzw. Vorstudien ausgewählt werden.

Im Beispiel in der Abbildung 7.22 kann somit für das Untersuchungsobjekt 1 ein dringender Handlungsbedarf abgeleitet werden. Das Gesamtrating ist größer als 0,2. Das Untersuchungsobjekt 4 hingegen weist aus Gesamtsicht keinen dringenden Handlungsbedarf auf. Das Gesamtrating ist unterhalb von 0,1.

Dennoch könnte das Untersuchungsobjekt 4 für eine Detailbetrachtung vorgemerkt werden, falls wie in Abschnitt 7.3 erläutert, eine kritische Grenze bei einer Zielfunktion-Kennzahl festgelegt wäre und diese vom Untersuchungsobjekt überschritten sein würde. Sei daher im Beispiel angenommen, der Kategorie A sind mehrere Zielfunktion-Kennzahlen zugeordnet, wobei eine Kennzahl beim Untersuchungsobjekt 4 die definierte kritische Grenze überschreitet. Damit würde für das Untersuchungsobjekt 4, trotz eines niedrigen Gesamtratings, dennoch ein dringender Handlungsbedarf angezeigt werden, weil eine kritische Grenze auf Kennzahlenebene überschritten wurde. Auf diese Weise können bestimmte Kennzahlen als signifikant gekennzeichnet werden,

bei denen unabhängig vom Gesamtrating, bei Überschreitung einer kritischen Grenze, eine Handlungsempfehlung gegeben wird.

Die farbliche Hervorhebung von Informationen in den Farben rot, gelb und grün, wie bei der Darstellung der Gesamtratingwerte in Abbildung 7.22, ist in der Praxis sehr verbreitet. Etwa beim Projektmanagement zur Verdeutlichung des Projektstatus und zur Anzeige, welche Projekte eine bestimmte Aktion erzwingen [Stellvertretend siehe Lev05, S. 66; und siehe Bon05, S. 232].

Auch bei den im Rahmen der Capability-basierten Analysen in Abschnitt 3.2.2 vorgestellten Heat Maps finden sich diese farblichen Hervorhebungen wieder. Dort waren die dargestellten Objekte Capabilities bzw. Geschäftsfähigkeiten, wohingegen im vorliegenden EA-Analyseansatz das Konzept des Untersuchungsobjektes weiter gefasst ist (siehe Abschnitte 5.8.1 und 6.5.1). In einer Heat Map, wie sie etwa in [Siehe Mer06] beschrieben wird, dienen die Farben dem Ausdruck bestimmter Werte, wobei die Werte selbst oft nicht angezeigt werden. Ein anderer Unterschied ist, dass wie in Abschnitt 3.2.2 erwähnt wurde, die zugrunde liegenden Werte oftmals (subjektive) Einschätzungen sind. Im vorliegenden EA-Analyseansatz liegt der Fokus hingegen auf der analytischen Ermittlung von Werten und Informationen.

Eine gesonderte Erörterung weiterer Darstellungsmöglichkeiten soll an dieser Stelle nicht erfolgen, da dies ein eigener Themenbereich ist. Auch aus eigenen Praxiserfahrungen sind diese Festlegungen durchaus abhängig vom Kreis der Beteiligten, ihren Präferenzen und Gewohnheiten. Fragen zur geeigneten Repräsentation von Informationen stellen sich dabei vergleichbar auch in anderen Disziplinen, wie z. B. im Kontext von Data-Warehouse-Lösungen [Stellvertretend vgl. BG04, S. 64-65]. Ebenso existiert eine umfangreiche Literatur zum Themenbereich der Visualisierung von Informationen, auf die verwiesen sei [Stellvertretend vgl. Sta13].

Die Priorisierung nach Gesamtrating und eventuell nach weiteren Sortierkriterien unterstützt die Auswahl von Untersuchungsobjekten, bei denen ein Handlungsbedarf aus Gesamtsicht dringend scheint bzw. die Behebung der größten Unzufriedenheiten (Übertragung der Interpretation der „Dissatisfaction“) ermöglicht wird. Durch die Identifikation der entsprechenden Untersuchungsobjekte werden jedoch noch nicht die konkreten Umsetzungsmaßnahmen abgeleitet. Wie beschrieben sind die Untersuchungsobjekte Ausgangspunkte für gezielte Detailanalysen, indem die mit ihnen in Verbindung stehenden Elemente der Datenbasis betrachtet und untersucht werden. Damit können die Analysen direkt im Kontext der betroffenen Elemente erfolgen und sind nicht isoliert auf einzelne Teilmodelle. Zusammenhänge werden transparent. Verbundene Elemente und damit auch verantwortliche Einheiten bzw. Personen sind ersichtlich. Dies wird gerade durch die Verwendung der Untersuchungsobjekte bei der Analyse ermöglicht (siehe allgemeiner Überblick über das Vernetzungsvorgehen in Abschnitt 5.7.2).

Durch die Verwendung der detaillierten Informationen in der Datenbasis (siehe Abschnitt 6.1) und der Vernetzung über die Zuordnungselemente (siehe Abschnitt 5.7.2) können eventuelle Überlappungen beim erkannten Bedarf an Handlungen bezüglich gleicher Elemente, ausgehend von den Untersuchungsobjekten, aufgedeckt werden. Diese Überlappungen können bei den Detailanalysen berücksichtigt werden, indem z. B. zwei Handlungsfelder gemeinsam betrachtet werden. Hierbei kann es sogar sinnvoll sein, ein Untersuchungsobjekt mit einem niedrigen (d. h. guten) Ratingwert doch für die Detailanalyse vorzusehen, sofern für das andere Untersuchungsobjekt aufgrund eines schlechten Ratings bereits ein dringender Handlungsbedarf erkannt wurde.

Zudem sind auch erste Hinweise auf die Komplexität oder den erforderlichen Aufwand für Maßnahmen möglich. Wobei Komplexität, etwa bei IT-Projekten, durchaus mehrschichtig zu betrachten ist, wie etwa in [Siehe BES09, S. 123] aufgezeigt wird. Im vorliegenden Fall lassen sich

etwa auf Basis von Art und Umfang der mit einem Untersuchungsobjekt verbundenen Elemente Rückschlüsse auf notwendige Abstimmungen und Auswirkungen ableiten.

Die Betrachtung der hinter dem Gesamtrating liegenden Kategorieebene und schließlich der Kennzahllebene unterstützt die Detailanalysen durch gezielte Anzeige der als kritisch bewerteten Aspekte.

Neben den Kennzahlen kann es weitere Faktoren geben, welche den Handlungsbedarf für das Umfeld eines Untersuchungsobjektes beeinflussen. Mit diesen Faktoren sind etwa solche Rahmenbedingungen gemeint, die nicht oder zumindest kaum in einer Kennzahl abgebildet werden können.

Sei etwa die Disziplin des Requirements Engineering betrachtet. Dort sind verschiedene Akteure zu berücksichtigen, wie interne Mitarbeiter, externe Personen oder Institutionen, die Relevanz für Anforderungen haben [Siehe PR10, S. 11-12]. Neben den Akteuren können zudem auch Dokumente, wie Standards, Gesetze oder Vorschriften, Ausgangspunkte für Anforderungen sein [Siehe PR10, S. 29].

Dies lässt sich durchaus auf den vorliegenden Kontext der Ableitung des Bedarfs an Handlungen bei der EA-Analyse übertragen. So können in der Praxis bei der Identifikation eines Handlungsbedarfs, neben Kennzahlen, noch weitere Faktoren eine Rolle spielen. So könnte eine Veränderung aus bestimmten Gründen gewünscht oder sogar gefordert werden. In der Rechtswissenschaft (stellvertretend für die Literatur zu diesem Thema, etwa [Siehe Hor11]) erfolgt hierbei eine Einteilung u. a. in Normen und Gesetze, die unterschiedlich stark Sachverhalte empfehlen oder sogar verpflichtend vorschreiben können. Ein Gesetz kann etwa die Einführung oder Abschaffung einer bestimmten Technologie oder eines Verfahrens verbindlich vorschreiben. Auch das Management kann eine Veränderung anordnen, die aus Managementsicht erforderlich scheint.

Diese Auslöser können entweder einen neuen Bedarf an Handlungen direkt veranlassen oder die ermittelte Rangfolge auf Basis der Ratings übersteuern. So kann für ein Untersuchungsobjekt auch dann ein Handlungsbedarf ausgelöst werden, wenn dies durch das Rating eigentlich nicht begründet wäre.

Gleichwohl liefert die Betrachtung der Ratings eine wichtige und objektiviertere Übersicht, wann Veränderungen aus Gesamtsicht des Unternehmens notwendig erscheinen. Dies korrespondiert mit dem in Abschnitt 2.2.1, mit Bezug zu [Siehe Dou+09, S. 35], vorgestellten EAM-Verständnis, wonach EAM nicht nur bei bereits feststehenden Veränderungen einzusetzen ist. Vielmehr kann der Analyseansatz auf einen erforderlichen Bedarf an Handlungen hinweisen.

## 7.6 Kritische Würdigung der Vernetzungs- und Analysemethodik

In Kapitel 5 wurde das grundlegende Konzept zur Vernetzung der getrennten Informationsquellen vorgestellt. Auf die Möglichkeiten zur Nutzung der daraus entstehenden, integrierten Datenbasis für Analysezwecke wurde dann in Kapitel 6 eingegangen. Schließlich wurde im aktuellen Kapitel eine darauf aufbauende, flexibel anpassbare Analysemethodik erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der Ableitung des Bedarfs an Handlungen für einen durch Kennzahlen beschriebenen Analysekontext. Anschließend soll in diesem Abschnitt auf Vorzüge, Einschränkungen und Rahmenbedingungen dieses Gesamtansatzes eingegangen werden.

Die vorliegende Arbeit ist im Umfeld des Enterprise Architecture Managements (siehe Abschnitt 2.2) verortet. Bestehende Werkzeuglösungen in diesem Bereich beinhalten oftmals vielfältige Funktionalitäten für verschiedene Managementaufgaben [Siehe Mat+08, S. 39 ff.].

Hierzu wird in der Studie in [Siehe Mat+08, S. 39 ff.] unter anderem auch auf Möglichkeiten zur Visualisierung verschiedener Architekturen eingegangen. Zudem listet ebenfalls [Siehe Han12, S. 61 ff.] vielfältige Visualisierungstypen auf. EAM-Visualisierungen sind gleichzeitig Gegenstand der wissenschaftlichen Betrachtung, etwa in [Siehe JSZ17]. Für solche Betrachtungen sei auf die Literatur verwiesen.

Der in diesem Kapitel beschriebene Analyseansatz konzentriert sich demgegenüber auf die Umsetzung der analytischen Auswertung einer EA, mit den enthaltenen Elementen und Datenwerten. Eine Visualisierung von Architekturen ist nicht im Fokus dieser Arbeit. Ein genereller Anwendungsfall ist die Auswertung zur Ableitung eines Bedarfs an Handlungen, auf Basis der flexiblen, individuellen Kennzahlen und Kategorien (siehe Abschnitt 7.4). Dabei werden nicht nur strukturelle Architekturinformationen zur reinen Architekturbewertung genutzt. Im Gegensatz zur Mehrheit der betrachteten Analyseansätze mit Bezug zum Semantic Web in Abschnitt 6.2, werden speziell auch Datenwerte für Aussagen über die Elemente in dieser EA berücksichtigt. Es können vor diesem Hintergrund verschiedene Managementaufgaben unterstützt werden. Zugleich ist ein Einsatz der Methodik flexibel für weitere Analysezwecke denkbar, da die Kennzahlen für die Analyse während der Nutzungsphase definiert werden können.

Aufgrund des unterschiedlichen Funktionsumfangs und der abweichenden Schwerpunktsetzung ist ein Vergleich des Ansatzes mit bestehenden, umfassenden EAM-Werkzeugen nicht adäquat. Vielmehr soll nachfolgend anhand zentraler Aspekte, die aus Sicht des Autors für den Praxiskontext relevant sind und im Umfeld der Methodik bestehen, eine Betrachtung des vorliegenden Ansatzes erfolgen.

Für eine grobe Einordnung kann ein Klassifikationsschema verwendet werden. Ein Schema zur Klassifikation von EA-Analyseansätzen beschreiben *Buckl, Matthes* und *Schweda* [Siehe BMS09, S. 68 ff.]. Die Struktur dieses Schemas ist basierend auf [Siehe BMS09, S. 68] in Abbildung 7.23 dargestellt. Es wurde durch den Autor der vorliegenden Arbeit eine farbliche Hervorhebung ergänzt, welche die Einordnung des vorgestellten Ansatzes zeigt.

Die Erläuterung ist nachfolgend an den Ausführungen von *Buckl, Matthes* und *Schweda* [Siehe BMS09, S. 68-70] zu den verschiedenen Dimensionen ausgerichtet. Wobei in diesem Klassifikationsschema bestimmte Aspekte nicht berücksichtigt sind, wie z. B., ob ein Ansatz auf einem festen EA-Metamodell beruht oder ob sich die EA aus verschiedenen Teilmodellen zusammensetzt. Dennoch erscheint das Schema für eine grobe Einordnung geeignet.

Body of Analysis	structure	behavior statistics	dynamic behavior
Time Reference	ex-post		ex-ante
Analysis Technique	expert-based	rule-based	indicator-based
Analysis Concern	functional		non-functional
Consideration of Self-Referentiality	none	single-level	multi-level

 = Vorgestellter Analyseansatz deckt diesen Aspekt ab

**Abbildung 7.23:** Einordnung des vorgestellten Analyseansatzes (Quelle: Basisstruktur nach [BMS09, S. 68], ergänzt um eine eigene farbliche Hervorhebung zur Darstellung der Einordnung des Ansatzes)

Die erste Dimension nennen *Buckl, Matthes* und *Schweda* [BMS09] „Body of Analysis“ und beziehen sich damit auf den Gegenstand der Analyse. Ein Ansatz kann ihnen zufolge die strukturellen Aspekte einer EA adressieren, das Verhalten in Form (statistischer) Informationen berücksichtigen oder das dynamische Verhalten betrachten. Kombinationen sind dabei möglich.

Insgesamt überwiegen Analyseansätze zu den strukturellen Aspekten einer EA, was auch die Abschnitte 3.2 und 6.2 bereits aufzeigten. Die Betrachtung des Verhaltens ist hingegen seltener im Fokus.[Zu diesem Absatz siehe BMS09, S. 68, 75]

Der vorliegende Ansatz bezieht sich diesbezüglich auf die ersten beiden Ausprägungen. Es können Abfragen nach strukturellen Aspekten durchgeführt oder Kennzahlen auf Basis der strukturellen Eigenschaften definiert werden. Ebenso können statistische Informationen in Form der Datenwerte berücksichtigt werden.

Die zweite Dimension lautet „Time Reference“. Hierbei erfolgt eine Unterscheidung, ob eine existierende Architektur verwendet wird oder ein Planzustand.[Siehe BMS09, S. 69]

Im vorgestellten Ansatz ist die Ex-post-Analyse einer bestehenden Architektur ebenso möglich, wie eine Ex-ante-Analyse einer zukünftig angenommenen Architektur. Dies ist abhängig davon, welche Informationen eingebunden werden. Auch eine Kombination aus bestehenden und geplanten (Teil)-Architekturen sowie Datenwerten ist denkbar. Dies ist lediglich bei der Interpretation der Ergebnisse (siehe Abschnitt 7.5.4) zu berücksichtigen.

Daneben ist es zugleich auch möglich, Planszenarien durch Variation der Kennzahlen und Gewichtungsfaktoren zu simulieren und zu begutachten. Hierzu können wie beschrieben, die Gesamtratings bis hinunter zur Ebene der Kennzahlen detailliert betrachtet werden.

*Buckl, Matthes* und *Schweda* [BMS09] bezeichnen die dritte Dimension in ihrem Schema als „Analysis Technique“ und meinen damit, wie formalisiert die Analyse ist. Dies können manuelle Analysen durch einzelne Experten sein, Analysen basierend auf Regeln sowie quantitative Betrachtungen mittels Indikatoren. Die letzten beiden Ausprägungen sind automatisierbar.[Zu diesem Absatz siehe BMS09, S. 69]

Der vorliegende Ansatz kann primär der zweiten und dritten Ausprägung zugeordnet werden. Es sind Regeln denkbar, die direkt über Anfragen (siehe Abschnitt 4.3.5) oder durch Kennzahlen geprüft werden können. Ebenso ist die Verwendung von Indikatoren bzw. Kennzahlen möglich. Dies kann durch die Nutzung der verschiedenen Zielausdrücke in den Kennzahlen erfolgen (siehe Abschnitt 7.4.1).

Als vierte Dimension wird „Analysis Concern“ benannt. Hierbei wird in Analysen von funktionalen oder nicht-funktionalen Aspekten der EA unterschieden.[Siehe BMS09, S. 69-70]

Beides kann durch den skizzierten Ansatz abgedeckt werden. Es können sowohl funktionale Aspekte durch die Betrachtung von Beziehungen adressiert werden, wie auch nicht-funktionale Aspekte auf Basis verfügbarer Datenwerte.

Die fünfte Dimension benennen *Buckl, Matthes* und *Schweda* [BMS09] als „Consideration of Self-Referentiality“. Sie meinen damit, ob neben den Elementen und Informationen der EA, zugleich auch die beteiligten Personen und ihre EAM-Tätigkeiten Gegenstand der EA-Analyse sind.[Siehe BMS09, S. 70-71] Dieser Aspekt wird von fast keinem Ansatz berücksichtigt [Siehe BMS09, S. 76]. Auch beim vorliegenden Ansatz ist dieser Aspekt nicht im Fokus und somit kein Bestandteil der Analyse.

Nach dieser groben Einordnung des Ansatzes in das präsentierte Schema sei nun genauer auf einige relevante Eigenschaften eingegangen.

Eine Grundvoraussetzung des Ansatzes ist, dass die Datenquellen (Domänenmodelle, Datenwerte) ihre Daten für die Verwendung in der integrierten Datenbasis zugänglich machen. Wie in Abschnitt 5.9.2 erläutert, kann dies etwa durch vorherige Transformation nach RDF (siehe Abschnitt 4.3.1) oder durch Abfrage über eine SPARQL-Schnittstelle (siehe Abschnitt 4.3.5) erfolgen.

Wird dies nicht ermöglicht, dann können die Daten eventuell nicht automatisiert übernommen werden. Es bleiben nur technisch aufwendige Hilfslösungen oder die manuelle Übertragung wie

bei bestehenden Ansätzen, was die EA-Erstellung und -Pflege jedoch komplex machen würde. Der benötigte Aufwand könnte sich dann negativ auf die Akzeptanz des EA-Einsatzes auswirken [Seite LL14, S. 114-115]. Zumal in jenem Fall wahrscheinlich, wie bei den verbreiteten Ansätzen, nur abstrahierte Informationen in die EA eingefügt würden, sodass die Analyse weniger spezifische Auswertungen durchführen könnte.

Der Zugriff auf die in einem System gespeicherten Daten zum Zweck der Nutzung oder Migration ist jedoch ein genereller Aspekt, der nicht nur auf den vorliegenden Ansatz zutrifft. Dies verdeutlicht stellvertretend der Migrationsleitfaden für Software, herausgegeben durch das Bundesministerium des Innern [Siehe Bun12]. Die Verfügbarkeit und Offenheit von Schnittstellen hat demnach große Auswirkung auf die Systemabhängigkeit und den Austausch von Daten [Siehe Bun12, S. 15-16]. Aus Erfahrung des Autors der vorliegenden Arbeit sind die Möglichkeiten, Daten zuzugreifen oder in ein geeignetes Format zu exportieren, oftmals bereits Kriterien in Auswahlprozessen von Softwaresystemen. Bei entsprechend durchgeführter Auswahl sollten somit die benötigten Daten in die integrierte Datenbasis aufgenommen werden können.

Eventuell können die Daten nicht direkt in das RDF-Datenformat überführt werden, sondern nur in ein bestimmtes Zwischenformat. Für diesen Fall wurden bereits Lösungen in Abschnitt 4.4.5 skizziert. Zudem existiert in [Vgl. W3C18a] eine umfangreiche Liste von Werkzeugen zur Konvertierung verschiedener Formate nach RDF. Neben der technischen Möglichkeit Daten zu übernehmen, ist auch die Betrachtung relevant, ob es die beteiligten Personen unterstützen oder es demgegenüber eventuell sogar behindern.

Eine weitere Voraussetzung ist die Festlegung der Zuordnungselemente, die bei der indirekten Verbindung genutzt werden (siehe Abschnitt 5.8.1). Sie helfen, den Aufwand für direkte Verbindungen zu vermeiden. Ein großer Aufwand könnte sich schließlich, analog zu oben, negativ auf die Akzeptanz einer EAM-Initiative auswirken [Siehe LL14, S. 114-115]. Dabei erfolgt keine Einschränkung des Ansatzes auf eine bestimmte Art von Zuordnungselementen. Stattdessen können sie dem spezifischen Einsatzkontext entsprechend gewählt und detailliert werden. Hierzu sind Abstimmungen unter den beteiligten Personen über die Ausgestaltung der Zuordnungselemente und deren Identifikatoren vorzunehmen. Die Identifikatoren sind die Schlüsseleigenschaften für die angestrebte Überbrückung der Domänengrenzen.

Die Zuordnungselemente können vielfältig gewählt werden. Es sind hierzu die in Abschnitt 5.8.1 genannten Capabilities, Geschäftsobjekte oder Services denkbar. Die Festlegung ist naturgemäß mit Aufwand verbunden. Demgegenüber würde jedoch ein ungleich höherer Aufwand bestehen, der für eine umfangreiche Verbindung aller Teilmodelle sowohl bei der erstmaligen Einführung als auch bei der zukünftigen Pflege erforderlich wäre. Wenngleich auch da eine Abstimmung zwingend wäre, um Modellelemente in andere Modelle konsistent zu übernehmen.

Gleichzeitig erlaubt die Indirektstufe der Zuordnungselemente die unabhängige Weiterentwicklung der Domänenmodelle. Dies ist in der Praxis relevant, da sich die beteiligten Modelle in unterschiedlichen Zyklen weiterentwickeln (siehe Abschnitt 5.2.1). Dies gilt nicht nur bezogen auf unterschiedliche Bereiche, sondern kann auch innerhalb eines Bereiches vorkommen, wenn einzelne Teams oder Projekte zu verschiedenen Zeiten Veränderungen vornehmen.

In vielen Fällen kann auf vorhandene Sammlungen von Elementen für die Zuordnungselemente zurückgegriffen werden. Das Einbinden dieser Zuordnungselemente in die Domänenmodelle kann oftmals mit bestehenden Modellierungsmitteln erfolgen, wie Abschnitt 5.8.2 am Beispiel von BPMN aufgezeigt hat. Sonst könnten z. B. externe Zuordnungstabellen genutzt werden, falls das Einbinden nicht möglich oder nicht gewünscht sein sollte.

Der Aufwand für die Analyse wird zusätzlich reduziert, da die Domänenmodelle und Datenwertquellen jeweils nur mit dem EA-Vokabular verbunden werden müssen. Auch dieses Alignment muss erstellt werden. Wie jedoch in Abschnitt 5.7.1 erläutert wurde, kann dies durch Matching-Algorithmen zusätzlich unterstützt werden.

Für die Durchführung der Analysen stehen damit aktuelle Daten zur Verfügung, die dennoch konsistent (indirekt) in Verbindung stehen. Die Analysen können die detaillierten Informationen nutzen und flexibel die gewünschten Aspekte ermitteln.

Diese Indirektstufe kann hinsichtlich der Analyse jedoch auch unter dem Gesichtspunkt einer Einschränkung gesehen werden. Die einzelnen Instanzen stehen modellübergreifend nicht mehr (zwingend) in einer direkten Beziehung. Dadurch ergibt sich jedoch die für den Ansatz gewollte Abstraktion von den vielen direkten Verbindungen. Folglich ist für den Einsatz der Methode zu entscheiden, ob die Einsatzzwecke mittels der Abstraktion erreichbar sind.

Zugleich liegt der Fokus des Ansatzes auf der übergreifenden Sichtweise, die sich durch die Indirektstufe herstellen lässt. Es sollen aus Gesamtsicht Hinweise und Empfehlungen abgeleitet werden, die über eine „lokale Optimierung“ einzelner, isolierter Bereiche hinausgehen (siehe Abschnitt 7.1). Detailanalysen für die nachgelagerte Konkretisierung der abgeleiteten Handlungsfelder und schließlich deren Umsetzung sind weiterhin notwendig und sinnvoll. Insofern stellt die Abstraktion einen Ausgleich zwischen reduziertem Erstellungs- und Pflegeaufwand für eine EA sowie übergreifenden, belastbaren Analysen dar. Die Ermittlung der Indizien für den Bedarf an Handlungen, sowie deren Priorisierung, kann durch die Kennzahlen und Ratings aus Gesamtsicht stärker objektiviert werden (siehe Abschnitt 7.2). Die Methode kann damit zur übergreifenden Akzeptanz von Entscheidungen bei den Stakeholdern beitragen, wenn die Entscheidungen auf den Auswertungen aus Gesamtsicht basieren.

Zugleich können regulatorische Anforderungen eine Integration von Daten vorgeben. Dann geht es um die korrekte und termingerechte Umsetzung, bei Einhaltung eines angemessenen Aufwands. Im Bankenbereich ist etwa die Richtlinie BCBS 239 „Principles for effective risk data aggregation and risk reporting“ [Siehe Bas13] ein Beispiel dafür. Sie macht zwingende Vorgaben für das Risikomanagement einer Bank und beinhaltet auch Vorgaben hinsichtlich der Integration und Aggregation von (Risiko-)Daten. Für diesen Nutzungskontext ist ein Einsatz des beschriebenen Ansatzes ebenfalls denkbar.

Zudem wurde im Abschnitt 7.5.4 bereits darauf hingewiesen, dass für Architektur- oder Projektentscheidungen, neben daten- bzw. kennzahlgestützten Auswertungen, oftmals weitere Aspekte eine entscheidende Rolle spielen können. So fordern etwa Vorgaben bestimmte Veränderungen ein, wie z. B. politische Vorgaben als Auslöser für Projekte in der öffentlichen Verwaltung [Siehe Pla10, S. 318-319] oder analog in der Privatwirtschaft. Ebenso können Handlungen auch durch Managemententscheidungen angeordnet werden (siehe Abschnitt 7.5.4). Diese potenziellen Auslöser für Handlungsmaßnahmen lassen sich in der Regel nur schwer in Daten und Kennzahlen abbilden. Somit gilt als Rahmenbedingung, dass der vorliegende Ansatz, ebenso wie auch andere Analyseverfahren, dieses nicht unmittelbar berücksichtigen können.

Der Ansatz übernimmt dann eventuell lediglich eine unterstützende Funktion, indem geeignete Kennzahlen Hinweise bezüglich der Untersuchungsobjekte liefern und so die Detailanalysen unterstützen.

Bestehende EA-Analyseansätze können bei Vorliegen entsprechender Strukturinformationen ebenfalls aus einer Gesamtsicht heraus Indizien für einen Bedarf an Handlungen liefern. Jedoch sind wie in der Übersicht in Abschnitt 6.2 geschildert, die Datenwerte selten eingebunden. Sie stehen damit für die ganzheitliche Ermittlung nicht direkt zur Verfügung. Das ist einer der Unterschiede zum vorliegenden Ansatz, bei dem Datenwerte unmittelbar in die integrierte

Datenbasis übernommen werden. Sie stehen damit direkt für Analysen zur Verfügung, sodass neben Strukturinformationen auch Datenwerte nutzbar sind und diese nicht gesondert im Rahmen von Analysen nachträglich betrachtet werden müssen. Zudem bestehen die erwähnten Unterschiede etwa hinsichtlich Flexibilität des Metamodells und der indirekten Verbindung.

Verglichen mit Analyseansätzen auf Basis von Grafiken oder Diagrammen (siehe Abschnitt 3.2.1) werden die Vorzüge einer Objektivierung bei der Ableitung des Bedarfs an Handlungen deutlich. Visualisierungen sind oftmals durch eine gewisse Subjektivität geprägt, welche sich auch bei der Interpretation durch die beteiligten Personen ergibt. Außerdem ist die abbildbare bzw. kodierte Information erwartungsgemäß eingeschränkt. Gleichwohl haben Grafiken oder Diagramme ihre Berechtigung und sind etwa zur Darstellung von Abdeckungen und Zusammenhängen geeignet. Ebenso können sie ihre Informationen anschaulich darstellen. Zur allgemeinen Betrachtung von Visualisierungen sei auf [Stellvertretend vgl. Sta13] verwiesen.

Die Durchführung der Analysen basiert im vorliegenden Ansatz auf den definierten Kennzahlen und Kategorien (siehe Abschnitt 7.4). Falls Kennzahlen für einzelne Untersuchungsobjekte nicht anwendbar sind, dann gehen die betroffenen Kennzahlen für diese Untersuchungsobjekte nicht in deren Gesamtrating ein (siehe Abschnitt 7.5.3). Auch in diesen Fällen ist eine Vergleichbarkeit zwischen den Untersuchungsobjekten gegeben. Das einheitliche Bewertungsschema stellt unabhängig von den konkret in ein Gesamtrating eingegangenen Kennzahlen sicher, dass sich ein geeigneter Wert für die Priorisierung des Handlungsbedarfs eines Untersuchungsobjekts im Vergleich zu anderen Untersuchungsobjekten ergibt. Dies wird durch die modifizierte IPA-Methode (siehe Abschnitt 7.3) ermöglicht.

Zudem abstrahiert das Gesamtrating in seiner Aussage bewusst von Einzelsichten und liefert einen Wert, der die Dringlichkeit eines Handlungsbedarfs aus Gesamtsicht widerspiegelt. Die Angabe eines Wertes zur Aussagefähigkeit (siehe Abschnitt 7.5.4) kann zudem im Rahmen der Interpretation des Ergebnisses berücksichtigt werden.

Diese übergreifende, auf die Ebene der Untersuchungsobjekte verdichtete Betrachtung bedeutet gegenüber bestehenden Ansätzen den Unterschied, dass Gesamtaussagen basierend auf allen relevanten Elementen und Informationen geliefert werden. Verschiedene Perspektiven der Beteiligten können damit in einer Aussage zusammengefasst werden. Wobei wie beschrieben das Gesamtrating durch Betrachtung der Kategorie- oder Kennzahlratings weiter detailliert werden kann.

Oberhalb von den Einzelinteressen der Domänen wird damit ein objektivierter Interessenausgleich über alle Beteiligte hinweg angestrebt. In bestehenden Ansätzen (vgl. Abschnitt 3.2.1) und EAM-Werkzeugen [Vgl. Mat+08] ist oftmals ein Analysefokus auf einzelne oder wenige Elementtypen (z. B. zwei bei einer Matrixdarstellung für Zuordnungen) vorhanden.

Es wurde in Abschnitt 2.1.2.2 auf die Vielfalt unterschiedlicher EA-Frameworks und EA-Metamodelle eingegangen, die bereits bestehen oder individuell ausgeprägt werden. Entsprechend unterschiedlich sind die Begriffswelten und Zusammenhänge. Sofern überhaupt bereits ein Metamodell in ausgearbeiteter Form existiert und nicht erst aufwendig erstellt werden muss (siehe Abschnitt 5.2.1). Das im vorliegenden Ansatz verwendete EA-Vokabular auf SKOS-Basis (siehe Abschnitt 5.9.1.1) erlaubt es, die Terminologie und die wesentlichen Zusammenhänge leichtgewichtig zu beschreiben. Zudem erleichtert es flexible Anpassungen, z. B. die Aufnahme neuer Quellen oder Konzepte ebenso wie Änderungen oder Löschungen. Hierzu sind eventuell die Mappings von den Informationsquellen zum Vokabular zu modifizieren. Die Anpassungen beschränken sich dabei jedoch auf die Ebene der Definitionen (Begriffe, Mappings). Die Technologien des Semantic Web befördern dieses, da die Umsetzungen durch die generische Datenstruktur weitgehend transparent erfolgen können.

Das EA-Vokabular agiert dabei als neutrale Sprachschicht oberhalb der Informationsquellen (vgl. auch Veröffentlichung des Vernetzungsansatzes in [Siehe SS16, S. 281] sowie siehe Abschnitt 5.9.1.1). Durch diese Rolle als begriffliche Schnittstelle zur integrierten Datenbasis können die Analysen und Zugriffe auf dieser Basis definiert werden. Es werden keine Strukturen bestimmter Metamodelle oder Teilmodelle vorausgesetzt.

Gleichzeitig stellt die integrierte Datenbasis kein weiteres, isoliertes Datensilo dar, sondern sie ist eine lose zusammengefasste Analysebasis, mit den Domänenmodellen und Datenwertquellen als primäre Informationsquellen. Der Zusammenschluss der Informationen zu dieser Datenbasis erfolgt im Vergleich zu bestehenden Ansätzen oder EAM-Werkzeugen (vgl. EAM-Werkzeuge in der Übersicht von [Vgl. Mat+08]) flexibler. Die zugrunde liegenden EA-Metamodelle legen meist relativ starr die Datenstrukturen fest. Änderungen sind nur mit Aufwand möglich.

Für die Akzeptanz eines EA-Vorhabens im Allgemeinen und der Analysemethodik im Speziellen erscheint diese hervorgehobene Rolle der Domänenmodelle und Datenwertquellen als originäre Informationsbasis relevant. In der Herleitung der Ausgangssituation gängiger EA-Analyseszenarien in Abschnitt 5.2.2 wurde dieser Punkt mit Referenz auf *Abraham, Aier* und *Labusch* [AAL12] betrachtet. Demnach sind Widerstände der Beteiligten denkbar, wenn neben den bestehenden Quellen ein zusätzlich erzeugtes EA-Silo als Basis für Entscheidungen verwendet werden würde und die Domänen einen Rückgang ihrer Entscheidungsautonomie annehmen würden.[Siehe AAL12]

Die Nutzung des EA-Vokabulars als neutrale Sprachschicht bietet in Kombination mit den Zuordnungselementen gegenüber traditionellen EA-Szenarien einen weiteren Vorzug. Anstelle der meist aufwendigen und zeitintensiven EA-Einführung (siehe Abschnitt 5.2.1) ermöglicht es der vorliegende Ansatz, frühzeitig einen Nutzen für die Beteiligten und das Unternehmen zu stiften. Gleichzeitig kann der Ansatz auch mit zunehmender Menge zu betrachtender Informationen wachsen.

Hierzu könnte in einem ersten Schritt mit den Zuordnungselementen und einem kleinen EA-Vokabular gestartet werden. Es sind zunächst noch keine weiteren Quellmodelle erforderlich. Folglich sind dadurch zu Beginn nur weniger umfangreiche Aussagen möglich. Dennoch kann diese Konstellation als Motivation für den weiteren EA-Ausbau im Unternehmen dienen, indem ein Nutzen durch erste Einsatzszenarien generiert wird. Zugleich kann es in der Praxis erforderlich sein, die Entscheidungsgremien vom weiteren Ausbau der EA zu überzeugen [Vgl. Han12, S. 36 ff.]. Wobei sichergestellt sein sollte, dass der Nutzen durch die EA größer ist, als der benötigte Aufwand [Siehe Han12, S. 26]. Allerdings kann der Nutzen einer EA oftmals nur schwer direkt ermittelt werden, wie in Abschnitt 2.2.2 herausgearbeitet wurde.

Als ein erstes Anwendungsszenario bietet der Ansatz dem Abschnitt 6.5.2 folgend die Möglichkeit, eine übergreifende Gewichtung der Untersuchungsobjekte unter Einbeziehung der Beteiligten durchzuführen. Die Aufteilung in Untersuchungsobjekte kann in Projekten genutzt werden, um komplexe Vorgaben für das eigene Unternehmen genauer einzuordnen. Die Gewichtungen können dabei erste Indizien für Aufwand und Komplexität liefern. Die Vergabe eines einfachen Wertes, wie etwa der Gewichtung, ist vergleichbar mit einer Heat Map, wie sie in Abschnitt 3.2.2 vorgestellt wurde.

Gibt es bereits einzelne Teilmodelle oder befinden sie sich im Aufbau, dann können sie im nächsten Schritt angebunden werden. Damit vergrößert sich die integrierte Datenbasis und weitergehende Analysen sind möglich. Zudem ist es durch die indirekte Vernetzung nicht erforderlich, dass die Teilmodelle gleich zu Beginn eine vollständige Detaillierung aufweisen. Als Beispiel könnten etwa zunächst nur die Applikationen mit Verbindung zu den Zuordnungselementen gesammelt werden. Des Weiteren gibt es oftmals bereits Datenwerte (Schätzung oder

Erhebung) wie z. B. Kosten und Zeiten. Diese könnten in einem weiteren Schritt hinzugefügt werden, um die Auswertungen auch auf die Datenebene auszuweiten.

*Plachy* [Siehe Pla10, S. 323] schildert in seinem Praxisbericht zum EAM-Einsatz in einer Verwaltungsbehörde die Empfehlung, dass die Teilarchitekturen in bestehenden EAM-Ansätzen eine Mindestkomplexität aufweisen sollten, um den Aufwand für eine EAM-Initiative zu rechtfertigen. Durch die Flexibilität des hier vorgestellten Ansatzes, der Übernahme bestehender Informationen und dem anpassbaren EA-Vokabular, ergibt sich hingegen im vorliegenden Fall ein geringer Aufwand für kleine und noch wenig komplexe Teilmodelle.

Ebenfalls wird in [Siehe Pla10, S. 319] hervorgehoben, dass sich die Kriterien zur Bewertung von Projekten in der öffentlichen Verwaltung und in der Privatwirtschaft unterscheiden können. Daraus lässt sich ableiten, dass der Umfang und die Ausgestaltung von Bewertungskriterien individuell sind, auch zwischen Organisationen im gleichen Sektor. So können spezifische Ausprägungen erwartet werden, da die begrifflichen Grundlagen und auch die Analysezielrichtungen individuell sind (vgl. Abschnitt 3.1).

In EAM-Werkzeugen dominieren oftmals vordefinierte Kennzahlen, die individuelle Definition eigener Kennzahlen ist hingegen seltener (siehe Abschnitt 3.2.3). Zumal die eigene Definition, wenn vorhanden, oft mit technischen Kenntnissen und größerem Aufwand verbunden ist (siehe Abschnitt 6.2).

Dies ist vergleichbar mit der Einordnung von Ausrichtungen des internen Berichtswesens nach *Gluchowski* [Glu98], worauf die nachfolgenden Ausführungen beruhen. Dort werden einerseits diejenigen Rollen betrachtet, die eigenständig individuelle Auswertungen zur Ableitung neuer Erkenntnisse durchführen wollen. Andererseits existieren Rollen, die bereits vorbereitete Auswertungen nutzen, welche die Daten zu ihren Anforderungen liefern.[Siehe zu diesem Absatz Glu98, S. 1176]

Auch im vorliegenden Ansatz sind Nutzergruppen denkbar, die lediglich vordefinierte Kennzahlen und Kategorien verwenden. Ebenso wie es Nutzergruppen geben kann, die individuell und spontan Kennzahlen beschreiben, um aktuelle Fragestellungen zu bearbeiten. Beide Varianten sind durch den Ansatz möglich.

Der beschriebene Analyseansatz erlaubt die Angabe der Berechnungsvorschriften für Gewichtungen und Kennzahlen in einer lesbaren Form und ohne technische Kenntnisse. Die Abbildungen der Berechnungsvorschriften für eine entsprechende Umsetzung können wie aufgezeigt automatisiert im Hintergrund erfolgen. Diese erleichterte Beschreibung von Kennzahlen, mit Referenzierung des Vokabulars als sprachlicher Schnittstelle, ermöglicht die Formulierung von Ad-hoc-Abfragen an die integrierte Datenbasis.

In die Bearbeitung der jeweiligen Auswertungen können alle in der integrierten Datenbasis vorhandenen Informationen einfließen. Eine Besonderheit ist das in Abschnitt 7.5.1 erwähnte, implizite Durchlaufen auch solcher Informationen, für die keine expliziten Mappings mit dem EA-Vokabular bestehen. Damit können Verbindungen aus den Detailmodellen bei Abfragen transparent genutzt werden, um ein anderes, auf das Vokabular abgebildetes Zielkonzept zu erreichen. Somit sind vielfältige detaillierte Informationen vorhanden, aber zugleich wird der Aufwand zur Erzeugung des Alignments reduziert.

Die Datenbasis kann dabei im Laufe der Zeit anwachsen. Die verwendeten Technologien des Semantic Web unterstützen diesbezüglich auch große Datenmengen. In traditionellen Szenarien, etwa auf Basis eines relationalen DBMS ohne Semantic-Web-Technologien, ist die Performance mitunter vorteilhafter, allerdings liegt ein (relativ) festes Metamodell zugrunde und die Bedeutung der Informationen wird nicht explizit berücksichtigt. Demgegenüber bieten die Technologien des Semantic Web flexible Möglichkeiten für den Umgang mit Informatio-

nen, deren Mapping und Integration. Auch die Performance der zur Datenhaltung einsetzbaren RDF-Stores verbessert sich immer weiter (siehe Abschnitte 4.3.2 und 5.5).

Obgleich die Verarbeitungsdauer bei Integration und Analyse des EA-Systems, basierend auf den Erfahrungen des Autors aus verschiedenen Praxisprojekten, nicht das primäre Kriterium darstellt. Vielmehr liegt der Fokus auf der ganzheitlichen Betrachtung und einem flexiblen Vorgehen. Für ein konkretes Einsatzszenario kann eine Abwägung zwischen Flexibilität und Performance stattfinden.

Beispiele für erhöhte Anforderungen schildern hingegen etwa *Humm* und *Heuss* [HH15], wonach die dort genannten Portale, die Inhalte eines Museums und einer Bibliothek in weniger als einer Sekunde dem Benutzer präsentieren sollen. Als Funktionalität steht dabei die Suche bzw. Abfrage zuvor optimiert aufbereiteter Daten im Vordergrund. Hierzu wird punktuell auf bestimmte Semantic-Web-Technologien bewusst verzichtet, um mittels anderer Techniken die Such- und Antwortzeit zu optimieren.[Siehe zu diesem Absatz HH15]

Auf die Performance sei an dieser Stelle nicht weiter explizit eingegangen. Dieses steht nicht im Fokus der Betrachtung. Bei entsprechendem Bedarf kann eine gezielte Beschäftigung mit verschiedenen RDF-Stores, der Konzeption der Einbindung von Datenquellen (vgl. Abschnitt 5.9.2) und der Optimierung der Analysealgorithmen (vgl. Abschnitt 7.5.1) erfolgen. Zudem sind Verbesserungen, wie z. B. skalierbare Techniken für das Reasoning auch mit großen Datenmengen, eigene Forschungsfelder [Siehe BFa10; Siehe KVV11].

In Abschnitt 7.5.2.1 wurde zusätzlich bereits auf Möglichkeiten zur Optimierung der Berechnung hingewiesen. So etwa im Rahmen der Ermittlung von Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und zugehörigen Instanzen.

Eine weitere Unterscheidung zwischen dem beschriebenen Ansatz sowie den klassischen EAM-Werkzeugen bezieht sich auf die Modifikation der Daten. Klassische EAM-Werkzeuge dokumentieren die EA und ihre Elemente in einer isolierten Datenhaltung. Die Nutzer arbeiten mit diesen Inhalten und nehmen Veränderungen direkt im EAM-Werkzeug vor. Das Verständnis des vorliegenden Ansatzes weicht, wie in Abschnitt 5.7.1 erläutert wurde davon ab, da die Schaffung einer integrierten Sicht auf die verschiedenen Informationsbestände im Vordergrund steht. Die Quellmodelle bleiben die primären Informationsquellen und die Modifikation der Inhalte erfolgt daher in ihnen. Die veränderten Daten gehen dann neu in die integrierte Datenbasis ein.

Im Ergebnis liefert der vorliegende Ansatz ein generisches Vorgehen zur Vernetzung bestehender Informationen und deren Analyse. Dieses erfolgt vor dem Hintergrund einer ganzheitlichen Sicht und auf Basis eines EA-Vokabulars als überlagernde Terminologie-Schicht. Hauptanwendung ist die Berechnung von Kennzahlen und Ratings pro Untersuchungsobjekt. Daneben kann die Datenbasis auch direkt genutzt werden, um gewünschte Daten abzufragen. Fragestellungen sind z. B. dabei, welche Elemente miteinander (ggf. indirekt über die Zuordnungselemente) in Verbindung stehen. Dies ist zugleich ein klassischer Anwendungsfall im EA-Kontext, um die strukturellen Zusammenhänge zu ermitteln [Stellvertretend siehe Mat+08; und siehe Han12]. Die Navigation erfolgt vergleichbar wie bei der Berechnung der Kennzahlen, indem ausgehend vom EA-Vokabular die gewünschten Konzepte adressiert werden. Durch die Möglichkeit der Nutzung von SPARQL (siehe Abschnitt 4.3.5) im Allgemeinen, ergibt sich insgesamt eine große Flexibilität bei der Nutzung der integrierten Datenbasis.

Abschließend sei noch auf die Aspekte der Variabilität des Ansatzes und der Übertragung auf verschiedene Einsatzkontexte in Unternehmen eingegangen. Die charakterisierenden Elemente des Ansatzes können ohne Veränderung in einem anderen Kontext genutzt werden. Die Struktur der Quellmodelle ist nicht festgelegt und kann unter Berücksichtigung der geschilderten Merkmale (u. a. Zuordnungselemente in den Teilmodellen, vgl. Abschnitt 5.8.2; Struktur der

Datenwertquellen, vgl. Abschnitt 5.8.3; Transformation in RDF, vgl. Abschnitt 5.8.4) individuell gewählt werden. Die Transformation des Quellmodells in RDF ist dabei jedoch individuell von der Quelle abhängig, was jedoch wie erläutert für verschiedene Formate bereits unterstützt wird. Das Herstellen der Transformation ist erforderlich, da direkt die Daten übernommen werden sollen. Das ist ein wesentlicher Aspekt des Ansatzes im Gegensatz zu einer manuellen Erstellung lediglich abstrakter Inhalte. Durch die Mappingdefinitionen und die Abbildung auf das zuvor erstellte EA-Vokabular kann der Ansatz auf einer einheitlichen Begriffsbasis arbeiten. Das EA-Vokabular ist dabei ebenfalls nicht inhaltlich festgelegt und kann, wie in Abschnitt 5.9.1.1 erläutert wurde, flexibel mittels SKOS definiert werden. Dadurch kann der Ansatz mit dem definierten EA-Vokabular arbeiten. Auch die Kennzahlen können flexibel definiert werden und dabei die Konzepte des Vokabulars nutzen. Bei sehr komplexen Mappingszenarien kann es erforderlich sein, die Definition und die Umsetzung der Mappings zu erweitern.

In Abschnitt 7.4.1 wurden allgemeine Bausteine zur Definition gängiger Kennzahlkonstellationen geschildert. Diese decken die vom Autor in der Praxis häufig angetroffenen Kennzahlmuster ab. Sollten darüber hinaus weitergehende Erfordernisse bestehen, können Erweiterungen diesbezüglich vorgenommen werden.

Abschnitt 7.3 hat die zugrunde liegende Analysemethodik geschildert. Gleichwohl ist es denkbar, diesen Teil des Ansatzes durch eine alternative Methodik zur Berechnung der Ratingwerte auszutauschen. Dies betrifft etwa jene Aspekte, wie aus den Kennzahlwerten die Performance-Werte ermittelt werden (siehe Abschnitt 7.5.2.3) und wie sich daraus die Kategorie- und Gesamtratings ermitteln lassen (siehe Abschnitt 7.5.3). Zusätzlich kann die integrierte Datenbasis für weitergehende Nutzungsszenarien eingesetzt werden. Dadurch lassen sich individuelle Szenarien realisieren.



## **Teil III**

# **Umsetzung und Evaluation**



# 8 Prototypische Umsetzung des Ansatzes

*Der zweite Teil der Arbeit erläuterte den Ansatz zur Vernetzung und Analyse. Durch die Komplexität und den Umfang von Informationslandschaften in Unternehmen ist eine Werkzeugunterstützung des Ansatzes für einen effektiven Einsatz erforderlich.*

*Das Kapitel beginnt mit einer Betrachtung, welche Szenarien für eine prototypische Realisierung des Gesamtansatzes existieren. Daran anschließend wird zunächst die Integration in ein bestehendes Werkzeug (Archi) erläutert. Danach wird die Implementierung eines eigenen Prototyps (EAAP) zur Umsetzung der vollständigen Charakteristika des Ansatzes vorgestellt. Gleichzeitig dient dies als Beleg für die Realisierbarkeit der skizzierten Ausführungen.*

---

8.1	Überblick über die Varianten einer prototypischen Umsetzung . . . . .	253
8.2	Integration in ein bestehendes Werkzeug: Archi . . . . .	256
8.3	Eigenständiger Prototyp: EAAP (Enterprise Architecture Analysis Platform) . . . . .	265

---

## 8.1 Überblick über die Varianten einer prototypischen Umsetzung

Für eine prototypische Realisierung des Ansatzes sind verschiedene Lösungsvarianten möglich. Aus diesem Grund beschreibt der Abschnitt zunächst die wesentlichen Grundaspekte des Ansatzes. Diese stellen die Leitlinien für eine Realisierung dar. Ausgehend davon wird auf konkrete Lösungsszenarien eingegangen.

### 8.1.1 Grundaspekte des Ansatzes als Leitlinien für einen Prototyp

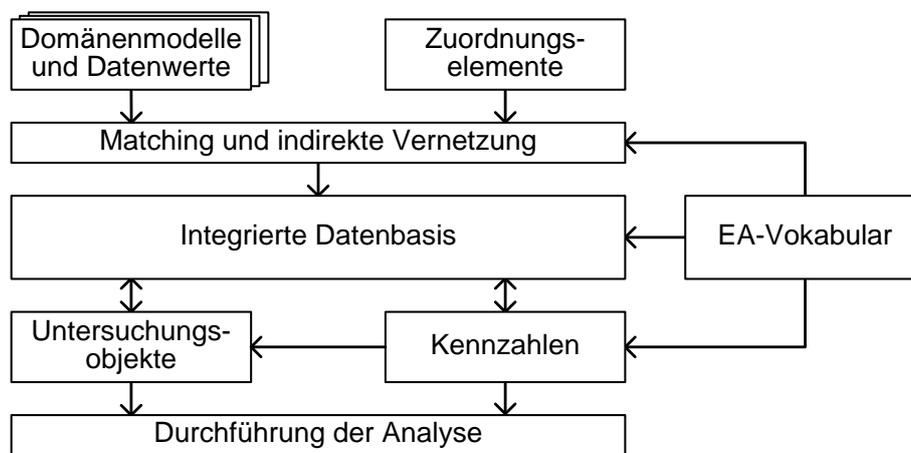
Zuvor wurde der EA-Analyseansatz eingeführt. In Kapitel 5 wurde hierzu die Zusammenführung getrennt verwalteter Teilarchitekturen in einer integrierten Datenbasis beschrieben. Darauf aufbauend ist Kapitel 6 allgemein auf Analysen und die Verwendung dieser Datenbasis eingegangen. Schließlich wurde in Kapitel 7 die Analysemethodik beschrieben, deren Ziel die Ableitung eines Handlungsbedarfs bezüglich der einzelnen Untersuchungsobjekte ist.

Für eine effektive Anwendung des Ansatzes in der Praxis ist eine toolgestützte Realisierung notwendig. Zustimmend hierzu etwa [Vgl. Hau+13], wonach die Umsetzung einer entsprechenden Werkzeugunterstützung aufgrund der Informationsmengen und der Durchführung von Analysen oftmals erforderlich ist.

Wie in den Abschnitten 3.2.1 und 6.2 aufgezeigt wurde, legen EA-Werkzeuge ihren Analyseschwerpunkt jedoch oftmals auf z. B. Abhängigkeitsanalysen, Schnittstellenanalysen oder Change-Impact-Analysen. Die Berechnung von Kennzahlen auf Basis der in einem EA-Modell dokumentierten Informationen ist deutlich seltener im Fokus. Auch Abschnitt 3.2.3 arbeitete einen Bedarf nach umfangreicheren, toolgestützten Analysen heraus.

Folglich soll in diesem Kapitel auf die Möglichkeiten für eine prototypische Umsetzung des eingeführten Ansatzes eingegangen werden. Vorweg werden dessen Charakteristika in abstrahierter Form zusammengefasst. Abbildung 8.1 skizziert die wesentlichen Elemente des

Ansatzes und ihr Zusammenspiel. Diese Aspekte sind entsprechend bei einer prototypischen Umsetzung zu berücksichtigen.



**Abbildung 8.1:** Charakteristik des Ansatzes mit den wesentlichen Bestandteilen und ihren Zusammenhängen (Quelle: Eigene Darstellung)

Die verfügbaren Daten werden in der integrierten Datenbasis zusammengeführt. Die Inhalte stammen aus den Quellmodellen (Domänenmodelle und Datenwerte), die mittels der zuvor festgelegten Zuordnungselemente indirekt vernetzt werden. Als neutrale Sprachschicht wird das EA-Vokabular verwendet. Es dient als terminologische Schnittstelle dem Zugriff auf die Datenbasis. Die Datenbasis kann schließlich zur Analyse genutzt werden. Betrachtet werden dabei die Untersuchungsobjekte als Analysegegenstände. Kennzahlen geben die durchzuführenden Berechnungen vor. Durch Aggregation ergibt sich daraus pro Untersuchungsobjekt ein individuelles Gesamtrating.

In den bisherigen Erläuterungen wurden die Technologien des Semantic Web als konzeptionelle und technologische Grundlage für den Ansatz verwendet. In Abschnitt 5.5 konnte die Eignung dieser Technologien für EA-Analyseszenarien festgestellt werden.

Insgesamt unterstützen die Semantic-Web-Technologien die zuvor erläuterten und in Abbildung 8.1 dargestellten Aspekte. Somit stellen diese Technologien auch hinsichtlich der prototypischen Umsetzung einen Ausgangspunkt bei der Lösungskonzeption dar. Wenngleich auch bereits darauf hingewiesen wurde, dass ebenfalls traditionelle Technologien denkbar wären, wie z. B. ein relationales DBMS mit seinen Vorzügen bei der Datenhaltung (siehe Abschnitt 7.6). Es überwiegen aus Sicht des Autors jedoch die geschilderten Vorzüge der Technologien des Semantic Web, z. B. hinsichtlich der Flexibilität und des Einsatzes standardisierter Technologien. Bei einem Verzicht auf die Nutzung jener Technologien für bestimmte Teilaspekte sind die entstehenden Einschränkungen zu berücksichtigen.

Der Ansatz ermöglicht es, dass die Teilmodelle kaum oder nur minimal verknüpft sind und zudem eventuell unterschiedliche Begriffswelten besitzen können. Gleichwohl sollen ganzheitliche Analysen auf dem Gesamtdatenbestand durchgeführt werden. Dies sind Leitlinien, welche das theoretische Konzept und folglich die Charakteristik des Ansatzes maßgeblich beeinflussen. Somit ist dies auch in der prototypischen Umsetzung zu berücksichtigen.

### 8.1.2 Alternative Szenarien einer prototypischen Umsetzung

Der in dieser Arbeit eingeführte Ansatz ist nicht an eine bestimmte Software gebunden. Vielmehr könnte der Ansatz in verschiedenen Werkzeugen integriert werden. Bezug nehmend auf die

skizzierten Charakteristika des Ansatzes im vorherigen Abschnitt kann die Realisierung je nach Werkzeug und Anwendungskontext einzelne oder alle Aspekte betreffen. Wenn etwa bereits ein konsolidierter und zusammengefasster Datenbestand vorliegt, dann könnten die anderen Aspekte um diesen Datenbestand herum realisiert werden. Der Ansatz bietet damit ein großes Maß an Variabilität, indem einzelne Aspekte übernommen und für den Anwendungskontext angepasst werden können.

Zugleich könnten es Rahmenbedingungen in einem Szenario erzwingen, dass einzelne Aspekte abweichend umgesetzt werden müssen. In jenen Fällen sind die Einschränkungen abzuwägen, die sich gegenüber dem Gesamtansatz ergeben, wie etwa bei einem Verzicht auf die Technologien des Semantic Web und die mit ihnen verbundenen Vorzüge (siehe Abschnitt 5.5).

Bei einer Software wird oftmals unterschieden, ob es sich um eine Standardsoftware oder eine Individualsoftware handelt [Stellvertretend siehe BDH15, S. 5]. Diese zwei Ausprägungen spielen auch bei Make-or-buy-Entscheidungen eine wichtige Rolle, die in [Siehe Bra10] ausführlich untersucht werden. So wird in [Siehe Bra10, S. 77 ff.] ebenfalls unterschieden, ob vom Einsatz einer (bestehenden und möglicherweise erweiterbaren) Standardsoftware oder einer eigenentwickelten Individualsoftware ausgegangen wird.

Im Bereich der EAM-Standardsoftware gibt es verschiedene Vertreter. Übersichten über die verschiedenen Systeme finden sich etwa in [Vgl. Mat+08] oder in [Vgl. SK18].

Die Möglichkeiten zur Einbindung neuer Funktionalitäten werden dabei durch die Software vorgegeben. Bei einem Open-Source-System können durch den offen verfügbaren Quellcode bei Bedarf eigene Anforderungen integriert werden. Ist für ein System der Quellcode nicht verfügbar, so hängt eine mögliche Anpassung von der Flexibilität der Anwendung oder des Herstellers ab. Es ist festzustellen, ob und in welchem Umfang Erweiterungspunkte und Programmierschnittstellen vorgesehen sind, eine Nutzung der abgelegten Daten anderweitig möglich ist oder der Hersteller die Anpassungen vornehmen würde.

Ausgehend von den beiden grundlegenden Ausprägungen, Standardsoftware und Individualsoftware, wird nachfolgend aufgezeigt, wie der vorliegende Ansatz prototypisch realisiert werden könnte. Zunächst wird hierzu in Abschnitt 8.2 eine mögliche Umsetzung auf Basis einer bestehenden Software beschrieben. Dies ist ein praxisnahes Szenario, da EA-Initiativen teilweise in einzelnen Domänen existieren und bereits Werkzeuge einsetzen (siehe Abschnitt 2.1.2.1). Vor diesem Hintergrund ist die Betrachtung relevant, wie der vorliegende Ansatz und seine zuvor skizzierten Charakteristika in ein bestehendes Werkzeug integriert werden können. Die Wahl ist stellvertretend auf die Open-Source-Anwendung *Archi* [Siehe Bea18b] gefallen. Sie verwendet die Modellierungssprache *ArchiMate* [Siehe The18i] zur Modellierung von Unternehmensarchitekturen [Siehe Bea18b]. Der Quellcode kann zugegriffen und erweitert werden [Siehe Bea18e; Siehe Bea18c], wodurch der Aufbau des Systems nachvollziehbar ist.

Eine Integration in andere Systeme ist ebenfalls denkbar, wobei dies von den Gegebenheiten des jeweiligen Systems abhängt. Es ist zu erwarten, dass Einschränkungen vorgenommen werden müssen, um die Charakteristika des Ansatzes in restriktiven Systemen zu integrieren.

Als zweites Szenario wird in Abschnitt 8.3 auf die Realisierung des Ansatzes in Form eines eigenen Prototyps eingegangen. Der bereits implementierte Prototyp dient dazu, den Ansatz in seiner vollständigen Form und ohne Einschränkungen durch die Rahmenbedingungen bestehender EA-Werkzeuge umzusetzen.

Zugleich dient diese prototypische Implementierung als Ausgangspunkt für zukünftige Forschungsarbeiten und kann entsprechend erweitert werden.

Insgesamt kann somit festgehalten werden, dass der Ansatz variabel ist und in verschiedenen Umgebungen eingesetzt werden kann.

## 8.2 Integration in ein bestehendes Werkzeug: Archi

Dieser Abschnitt schildert, wie der vorgestellte Gesamtansatz in die bestehende Anwendung *Archi* [Bea18b] integriert werden könnte. Da Archi zur Modellierung die Sprache *ArchiMate* [The18i] nutzt, wird zunächst ein Überblick über diese Modellierungssprache gegeben.

### 8.2.1 ArchiMate: Sprache zur Modellierung von Enterprise Architectures

Die folgenden Ausführungen in diesem Absatz über ArchiMate im Allgemeinen beruhen auf *Lankhorst, Proper* und *Jonkers* [LPJ09]. Nach ihnen war eine Motivation bei der Entwicklung von ArchiMate, die Architektur eines Unternehmens mit allen wesentlichen Elementen und Beziehungen integriert modellieren zu können. Dazu wurde die Sprache auf einem höheren Abstraktionsgrad positioniert, verglichen mit den detaillierteren Modellierungssprachen der einzelnen Domänen. Entstanden ist ArchiMate aus einer Kooperation zwischen Wissenschaft und Praxis. Später wurde die Sprache an die Open Group übergeben.[Zu diesem Absatz siehe LPJ09, S. 367-368]

Auf Version 2.1 [Siehe The13a] des Standards folgte im Jahr 2016 die Veröffentlichung der Version 3.0 [Siehe The17c] als überarbeitete Fassung. Hierbei wurden unter anderem neue Modellierungselemente und Beziehungen ergänzt [Übersicht vgl. The17j]. Es würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit übersteigen, ausführlich auf die ArchiMate-Spezifikation einzugehen. Ohnehin ist ein grobes Verständnis des Aufbaus für die folgenden Ausführungen ausreichend. Eine Auseinandersetzung mit der Version 3.0 von ArchiMate findet sich z. B. bei [Vgl. Gra16] und [Vgl. Wie16].

Die Anwendung Archi existiert zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit in der Version 4 und basiert auf der ArchiMate-Version 3.0 [Siehe Bea18b]. Eine ausführliche Beschreibung dieser ArchiMate-Version ist in [Siehe The17c] dokumentiert.

ArchiMate umfasst verschiedene Bestandteile, wozu neben einem Metamodell auch eine festgelegte Form der grafischen Darstellung der Modelle gehört [Siehe LPJ09, S. 368].

Eine wesentliche Annahme in ArchiMate ist die Serviceorientierung, welche zugleich den Aufbau der Sprache als Schichtenmodell maßgeblich kennzeichnet [Siehe Lan13, S. 77-78]. Hierzu sind verschiedene Servicekonzepte in der Sprache enthalten, um Elemente der drei Hauptebenen (Business, Application, Technology) miteinander in Beziehung zu setzen [Siehe The17g]. Für die Verbindung der Elemente gibt es eine Vielzahl definierter Verbindungstypen, welche direkt zwischen Elementen modelliert oder indirekt mittels Pfade über Zwischenelemente abgeleitet werden können [Siehe The17h]. Wobei die jeweils zulässigen Verbindungstypen, insbesondere zwischen Elementen verschiedener Layer, gesondert definiert sind [Siehe The17d].

Ein weiterer Bestandteil in ArchiMate sind die sogenannten Views und Viewpoints [Siehe Lan13, S. 50-51, 147 ff.; sowie die Spezifikation siehe The17e]. Ein View stellt einen Ausschnitt des Gesamtmodells der Unternehmensarchitektur hinsichtlich der spezifischen Bedürfnisse eines Stakeholders dar [Siehe Lan13, S. 50].

Ein View basiert dabei auf den allgemeinen Festlegungen eines bestimmten Viewpoints, welcher z. B. die zulässigen Modellelemente für die Ausgestaltung eines Views vorgibt [Siehe Lan13, S. 50-51]. Die ArchiMate-Spezifikation beinhaltet hierzu eine Menge vordefinierter Viewpoints [Vgl. The17e].

Das Ablegen von Datenwerten gehört gemäß ArchiMate-Spezifikation nicht zu den Kernbestandteilen der Modellierung mit ArchiMate [Siehe The17f]. Es gibt jedoch die Möglichkeit zur Erweiterung, sodass individuelle Attribute mit ihrem Namen, Datentyp und Wert an Konzepten

und Beziehungen angefügt werden können [Siehe The17f]. Dies ermöglicht eine Analyse des Modells unter Nutzung der Attributwerte, wie es etwa in [Vgl. IJ06] angewendet wird.

ArchiMate ist ein verbreiteter Standard, der in verschiedenen Forschungsarbeiten thematisiert und in der Praxis eingesetzt wird. Verschiedene EAM-Werkzeuge unterstützen ArchiMate, darunter z. B. Signavio Process Manager [Vgl. Sig18a; Vgl. Sig17], BiZZdesign Enterprise Studio [Vgl. BiZ18] und die bereits genannte Anwendung Archi [Vgl. Bea18b].

### 8.2.2 Archi: Modellierung von ArchiMate-Modellen

Mit dem in Wissenschaft und Praxis verbreiteten Werkzeug Archi<sup>1</sup> können Modelle gemäß der Modellierungssprache ArchiMate erstellt und bearbeitet werden [Siehe Bea18b]. Archi steht unter einer MIT-Open-Source-Lizenz zur Verfügung [Siehe Bea18e].

In Abbildung 8.2 ist ein Screenshot der Anwendung dargestellt. Die wesentlichen Programmbereiche sind zur besseren Übersicht hervorgehoben und werden nachfolgend beschrieben (siehe auch Erläuterungen in [Siehe BST18, S. 2-3]):

- 1 - Models** : Anzeige der vorhandenen ArchiMate-Modelle und der darin enthaltenen Elemente sowie der definierten Views [Siehe BST18, S. 7 ff., 16 ff.].
- 2 - Arbeitsbereich** : Anzeige- und Bearbeitungsmöglichkeit für die gewählten Views [Siehe BST18, S. 16 ff.].
- 3 - Palette** : Verfügbare Elementtypen, Beziehungen und weitere Modellelemente zum Einfügen in den aktuellen View [Siehe BST18, S. 19 ff.].
- 4 - Properties** : Anzeige und Bearbeitung der Eigenschaften von einem View, einem Element oder einer Beziehung [Siehe BST18, S. 49 ff.].
- 5 - Outline** : Übersichtsgrafik für den aktuell angezeigten View [Siehe BST18, S. 72].

Ebenfalls können im Properties-Bereich Attribute als Name-Wert-Paare unter anderem an Elementen, Beziehungen und Modellen angehängt werden [Siehe BST18, S. 63 ff.]. Wobei kein Datentyp explizit angegeben wird. Dennoch ist es damit möglich, wie zuvor für ArchiMate allgemein erwähnt, Datenwerte an Modellen oder Modellbestandteilen zu hinterlegen.

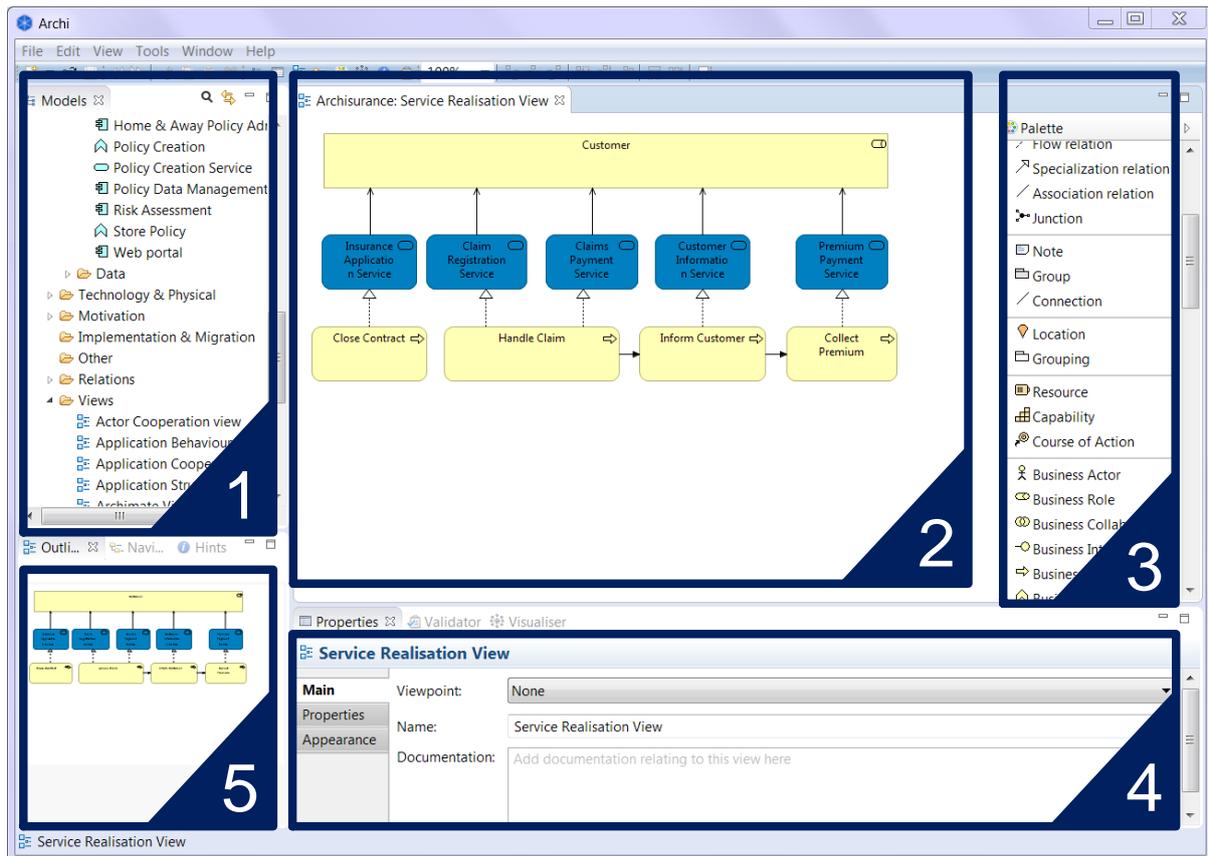
Archi verwaltet für ein Modell ein sogenanntes Repository, in dem alle Modellelemente und Beziehungen als wiederverwendbare Objekte abgelegt werden [Siehe BST18, S. 30, 66].

Als technische Basis wird die *Eclipse Rich Client Platform* (Eclipse RCP) [Siehe The18h] für Archi verwendet [Siehe Bea18c]. Eclipse RCP ermöglicht die Entwicklung einer Anwendung durch Einbindung speziell entwickelter Plugins in ein bereitgestelltes Rahmenwerk [Siehe The18h]. Archi ist hierbei in der Programmiersprache Java entwickelt worden [Siehe Bea18e; Siehe Bea18f]. Auf die technische Architektur der Anwendung sei an dieser Stelle nicht näher eingegangen. Relevante Aspekte werden in den nächsten Abschnitten erwähnt, sofern dies für das Verständnis erforderlich ist.

Durch die Verwendung von Eclipse RCP als Basis können weitere Funktionalitäten einfach ergänzt werden. Es können punktuell eigene Plugins eingebunden werden, wie z. B. die in [Siehe Bea18d] beschriebenen Funktionalitäten zum Import bzw. Export.

---

<sup>1</sup>Zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit liegt Archi in Version 4 vor, in welcher die ArchiMate-Version 3.0 unterstützt wird.



**Abbildung 8.2:** Screenshot mit dem Aufbau der Anwendung Archi (Quelle: Screenshot von Archi (in der Version 4 [Siehe Beal8b])) mit einem mitgelieferten Beispiel; eigene Hervorhebung der Bereiche

Außerdem verfügt Archi über eine einfache Ausgabe von Reports, etwa zur Wiedergabe der abgelegten Modellinhalte sowie deren Eigenschaften [Siehe BST18, S. 83 ff.].

Durch die Verfügbarkeit des Quellcodes von Archi sind weitergehende Anpassungen denkbar. Wobei das zugrunde liegende Metamodell als generell unveränderlich angesehen werden kann, da das Werkzeug auf dem ArchiMate-Standard aufsetzt. Zugleich besteht eine Grundannahme des Werkzeugs bzw. des Standards darin, dass die Elemente umfangreich erfasst und vernetzt werden, wodurch sich folglich ein konsistentes EA-Modell ergibt.

Das erwähnte Repository kann als eigenständiges Datensilo angesehen werden, in welches alle benötigten Informationen einzufügen sind. Von detaillierten Informationen aus vorhandenen Quellen wird dabei abstrahiert. Stattdessen werden gesondert neue Elemente für die Darstellung mit ArchiMate angelegt. Auf die entsprechenden Herausforderungen bei der EA-Erstellung nach diesem Vorgehen wurde bereits in Abschnitt 5.2.1 näher eingegangen.

### 8.2.3 Diskussion der abweichenden Einsatzkontexte der Anwendung Archi und des Ansatzes zur Vernetzung und Analyse

Bevor nachfolgend auf die Beschreibung der möglichen Integration des vorgestellten Ansatzes in die bestehende Anwendung Archi eingegangen wird, seien zunächst die beiden unterschiedlichen Einsatzkontexte betrachtet. Dies ist für das Verständnis grundlegend. Zunächst sei auf den üblichen Rahmen einer ArchiMate-Nutzung eingegangen, allerdings beschränkt auf jene Aspekte, die für den Vergleich der Einsatzkontexte relevant sind.

Im Allgemeinen wird beim Einsatz von ArchiMate ein Modell mit entsprechendem Aufwand weitgehend manuell erstellt (vgl. hierzu Abschnitt 5.2.1). Dies ist somit ein weiteres Modell neben den bestehenden Domänenmodellen. Es werden dabei abstrakte Inhalte erstellt und nicht die detaillierten Informationen übernommen, wie es demgegenüber im Fokus des vorliegenden EA-Ansatzes ist. Zudem wird bei ArchiMate ein umfangreich vernetztes Modell entworfen, das konsistent auf einer einheitlichen, konzeptionellen Basis entsteht. Eine indirekte Vernetzung zur Integration von Elementen ist somit nicht erforderlich, da vielfältige Beziehungen zwischen den Elementen bereits bei der Modellerstellung angelegt werden.

Die Modellierungssprache ArchiMate legt des Weiteren explizit die zur Verfügung stehenden Konzepte fest.

Wie in Abschnitt 8.2.1 bereits erläutert, ist die Ablage von Datenwerten an Elementen des Modells kein Kernbestandteil von ArchiMate [Vgl. The17f] und steht damit oftmals auch nicht im Fokus der Modellierung. So wurde auch bereits in Abschnitt 3.2.1 darauf hingewiesen, dass die analytischen Verfahren deutlich seltener von Werkzeugen unterstützt werden. Dennoch ist die Ablage von Datenwerten in Form von Attributen prinzipiell möglich. Bei Archi reduziert sich dieses auf einfache Name-Wert-Paare [Siehe BST18, S. 63].

Bereits in dieses Szenario ließe sich die in Kapitel 7 beschriebene Methodik zur Ableitung des Bedarfs an Handlungen Nutzen stiftend einbringen. Das in Kapitel 5 eingeführte Vorgehen zur Verwendung bestehender Teilmodelle als Ausgangspunkte kann zudem den Aufwand zur Erstellung eines ArchiMate-Modells verringern. Das Vernetzungsvorgehen setzt dabei bereits früher an, indem die Daten aus verschiedenen Quellen (indirekt) verknüpft und unter einer gemeinsamen Sprachebene zugänglich gemacht werden. Allerdings weicht dies vom üblichen Grundszenario bei Archi ab und erweitert somit dieses Szenario durch eine weitere Nutzebene.

Folglich sei dieses erweiterte Szenario der Ausgangspunkt für die Integration des EA-Ansatzes in das Werkzeug Archi.

Es muss daher mit verschiedenen Quellmodellen umgegangen werden können, die eventuell nicht optimal aufeinander abgestimmt sind, insbesondere im Hinblick auf Verknüpfung und Terminologie. Somit besteht nun, abweichend zum bisherigen ArchiMate-Szenario, die Notwendigkeit einer indirekten Vernetzung, unter der Verwendung der beschriebenen Zuordnungselemente (siehe Abschnitt 5.8.1).

Es liegt, abweichend zum Vernetzungsansatz und dem dort genutzten, flexiblen EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.1), im bisherigen ArchiMate-Szenario das Vokabular bereits implizit fest. Dieses ist durch die Modellierungssprache ArchiMate und dessen verfügbare Konzepte gegeben. Die Definition eines EA-Vokabulars oberhalb von ArchiMate würde keinen Mehrwert bieten, da ArchiMate bereits ein konsistentes Definitionsmodell anbietet. Wenngleich den Name-Wert-Paaren bei Archi, als Ablage für Attribute, keinerlei Konzepte oder Einheiten zugeordnet werden können, wie demgegenüber im EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.1) bezüglich der Datenwerte vorgesehen ist.

Die mit der vorgestellten Methodik zur Ableitung eines Bedarfs an Handlungen verbundene Funktionalität ist in ArchiMate im Allgemeinen und in Archi im Speziellen nicht vergleichbar enthalten. Somit ist dies ein gänzlich neuer Aspekt, der dort zu ergänzen sein würde.

Über die beschriebenen konzeptionellen Abweichungen hinsichtlich des Einsatzkontextes hinaus gibt es noch eine weitere signifikante Abweichung. Weder ArchiMate noch die Anwendung Archi basieren auf Technologien des Semantic Web. So liegt das Modell nicht in Form einer Semantic-Web-Repräsentation vor. Folglich stellt dies eine weitere Rahmenbedingung bei der Integration des Ansatzes in Archi dar.

### 8.2.4 Integration in Archi

Dieser Abschnitt beschreibt die mögliche Integration des Gesamtansatzes in das bestehende Werkzeug Archi, ausgehend vom soeben beschriebenen erweiterten Szenario.

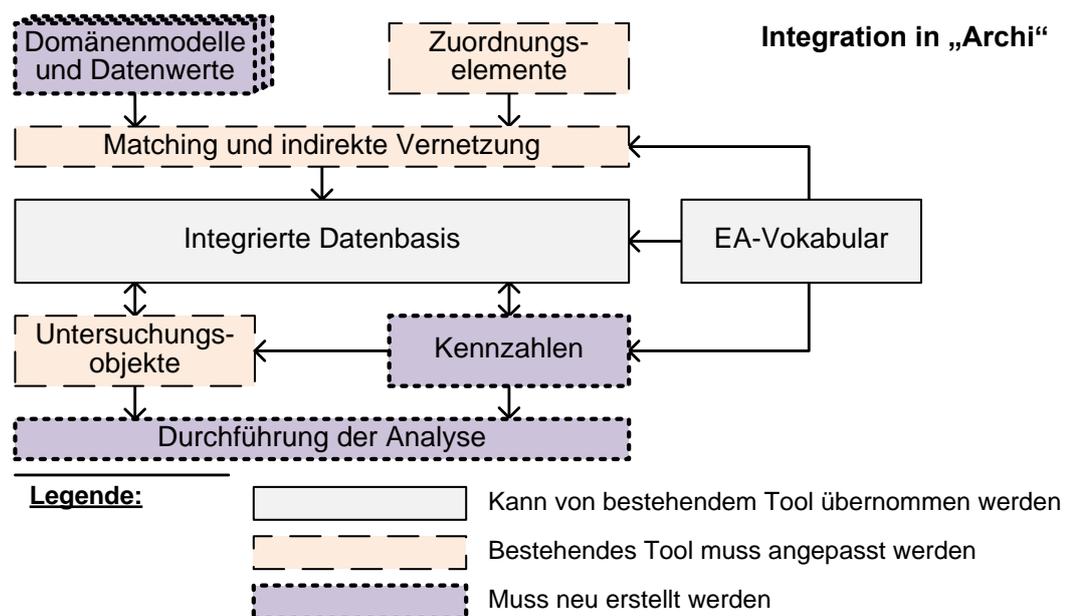
Hierzu sei die Abbildung 8.1 aus Abschnitt 8.1.1 aufgegriffen, in der die Grundaspekte des Ansatzes grob skizziert und in ihrem Zusammenhang eingeordnet wurden. In der Abbildung 8.3 sind darauf basierend die notwendigen Schritte zur Integration des EA-Ansatzes in die Anwendung Archi dargestellt. Hierzu ist jeweils hervorgehoben, ob für die Realisierung eines Aspekts eine bestehende Funktionalität von Archi (fast) unverändert übernommen werden kann oder (stärker) angepasst werden muss. Drittens kann es sein, dass eine notwendige Funktionalität noch nicht vorhanden ist und somit neu erstellt werden muss. Die Abbildung dient als Übersicht und ist Grundlage für die nachfolgenden Erläuterungen.

Da der Fokus des Abschnitts auf der Beschreibung einer generellen Möglichkeit zur Integration des Ansatzes in Archi liegt, erfolgt an dieser Stelle keine detaillierte Implementationsbeschreibung. Neben der konzeptionellen Beschreibung sei lediglich auf Details hingewiesen, sofern dies für das Verständnis erforderlich ist.

Wie beschrieben, sind die Domänenmodelle und Datenwertquellen die primären Informationsquellen des Ansatzes. Sie sind die Grundlage der Datenbasis. Dies ist im Allgemeinen bei der Verwendung von Archi anders, da das ArchiMate-Modell eigenständig erstellt wird. Aus diesem Grund spielt nun der Import der Domänenmodelle und Datenwerte eine zentrale Rolle. Zuvor sind die Teilarchitekturen um die Zuordnungselemente für die indirekte Vernetzung zu ergänzen (siehe Abschnitt 5.8.2).

Da ArchiMate als Modellierungssprache verwendet wird, ist ein geeignetes ArchiMate-Konzept zur Repräsentation der Zuordnungselemente zu wählen.

Es wurde in Abschnitt 5.8.1 erwähnt, dass Capabilities aufgrund ihrer Ausgestaltung hierfür infrage kommen. Dieses Konzept wurde allerdings erst in ArchiMate 3.0 eingeführt [Siehe The17j; und siehe The17i]. In früheren ArchiMate-Fassungen mussten daher andere Konzepte genutzt werden. In der Praxis wird in dem Fall z. B. das ArchiMate-Konzept *Business Function*



**Abbildung 8.3:** Übersicht über die notwendigen Schritte zur Integration des Ansatzes in das Werkzeug Archi (Quelle: Eigene Darstellung)

verwendet, wie etwa bei [Siehe Bea16a] stellvertretend berichtet. Auch in der ArchiMate-Spezifikation zur Version 2.1 wird eine inhaltliche Nähe der Business Function zur Capability aufgezeigt [Siehe The13b]. Andere Quellen weisen darauf hin, dass eine Business Function inhaltlich nicht exakt passend sei, wie z. B. [Siehe Cam10]. Andererseits besitzt ArchiMate wie erwähnt eine starke Serviceorientierung, bei der Services zur Verbindung der Schichten dienen. Aufgrund dessen ist auch die Nutzung eines Servicekonzepts als Konzept für die Zuordnungselemente denkbar, wie z. B. das in [Siehe The13b] benannte Konzept *Business Service*.

Aufgrund dieser Vielfalt möglicher Konzepte sei in Archi die Option vorzusehen, das gewünschte Konzept für die Zuordnungselemente auszuwählen. Dies könnte im Properties-Bereich [Vgl. BST18, S. 49 ff.] in den Eigenschaften zu einem Modell eingebunden werden. Es kann somit auf bestehenden ArchiMate-Vorgaben und Archi-Funktionalitäten aufgesetzt werden.

Daneben sind die konkreten Zuordnungsinstanzen festzulegen, wie in Abschnitt 5.8.1 beschrieben. Dies könnte grafisch in einem spezifischen View innerhalb von Archi erfolgen.

Die Übernahme der Zuordnungsinstanzen in die Quellmodelle ist unabhängig von Archi. Dies ist generell erforderlich und daher im Rahmen der Integrationsbeschreibung an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

Der nächste zu berücksichtigende Aspekt bei der Integration in Archi ist die Behandlung der Domänenmodelle und Datenwertquellen. In Abschnitt 5.8.4 wurde darauf eingegangen, wie die Quelldaten in ein gemeinsames Datenmodell zu übertragen sind, in jenem Fall war dies RDF. Durch den Einsatz der Technologien des Semantic Web würden sich verschiedene, bereits erwähnte Vorzüge ergeben, darunter auch ein flexibler Umgang mit verschiedenen Quellen.

Wie zuvor aufgezeigt wurde, nutzt Archi jedoch keine Semantic-Web-Technologien. Das bestehende Datenmodell ist programmspezifisch entwickelt worden [Vgl. Bea18d]. Da das Datenmodell zentral für das Werkzeug ist und die bestehenden Funktionalitäten auf diesem Datenmodell aufsetzen, ist ein Austausch nicht angestrebt. Dies ist auch in der Abbildung 8.3 ersichtlich. Die bestehende Datenhaltung von Archi wird übernommen und nimmt die Rolle der integrierten Datenbasis ein.

Ebenfalls zu übernehmen ist die Modellierungssprache ArchiMate. Sie übernimmt die Rolle des EA-Vokabulars aus dem vorgestellten Ansatz. Im Allgemeinen bietet der vorgestellte Ansatz eine stärkere Flexibilität, indem er nicht auf ein bestimmtes Vokabular festgelegt ist.

In der üblichen Einsatzweise von Archi würden die EA-Inhalte in abstrahierter Form manuell erstellt werden. Für den Import der Informationen bestehen hingegen verschiedene Möglichkeiten. Dies ist mit den in Abschnitt 5.9.2 skizzierten Konstellationen vergleichbar, wie Daten in eine EA übernommen werden können. So könnten die Quellinformationen, nach Überführung in das einheitliche Datenmodell RDF, in die Archi-Datenhaltung eingefügt werden. Das ist jedoch eine zusätzliche Konvertierungsstufe, die unter diesen spezifischen Rahmenbedingungen weniger vorteilhaft erscheint, als ein direkter Import ohne RDF-Transformation. Somit sei für den vorliegenden Fall ein (teil-)automatisierter Import der Daten durchzuführen. Ziel ist es, die detaillierten Informationen zu übernehmen und in ArchiMate abzubilden, soweit dies mit den ArchiMate-Konzepten möglich ist. Im konkreten Fall ist zu erwarten, dass bei der Abbildung der Informationen Kompromisse einzugehen sind.

Archi ermöglicht es hierzu, individuelle Import-Plugins zu erstellen und in die Anwendung einzubinden [Siehe Bea18d]. Aufgabe eines solchen Plugins ist es, die vorhandenen Informationen des Quellmodells zuzugreifen (z. B. ein exportiertes Abbild der Daten) und auf das interne Datenmodell von Archi abzubilden.

In diesen Import-Plugins können die Mappings fest definiert sein, da sich ein Plugin an eine bekannte Quelle richtet und das Zielmodell (ArchiMate) prinzipiell fix ist. Da der vorgestellte EA-Ansatz ein deutlich größeres Maß an Flexibilität bei den Quellen und dem EA-Vokabular vorsieht, ist dort der Matching-Prozess umfassender (siehe Abschnitt 5.9.3). Konzeptionell orientieren sich jedoch die in den Plugins definierten Mappingvorschriften an dem beschriebenen Vorgehen. So wäre festzulegen, wie die Konzepte der Quellen auf die Zielkonzepte in ArchiMate abzubilden sind und ob eventuell bestimmte Restriktionen berücksichtigt werden müssen.

Ebenfalls ist festzulegen, wie die Eigenschaften der Instanzen abgebildet werden können, z. B. die einfachen Werte oder die Schlüsseleigenschaften. Auf technischer Seite können diese Angaben direkt an ein ArchiMate-Element als Eigenschaften angefügt werden [Vgl. BST18, S. 63 ff.]. Da es jeweils ein Name-Wert-Paar ist, sollte ein eindeutiger Name die Eigenschaft kennzeichnen. Zugleich dient die Schlüsseleigenschaft wie auch im allgemeinen Ansatz dazu, Identitäten zwischen Elementen zu erkennen.

Hinsichtlich der Datenwerte muss jedoch im Gegensatz zum beschriebenen Ansatz (siehe Abschnitt 5.8.3) ein Unterschied berücksichtigt werden. Das EA-Vokabular beinhaltet im Fall von ArchiMate keine Angaben zu Datentypen oder Einheiten. Dieses Wissen könnte etwa in den Plugins fest hinterlegt werden, damit z. B. Konvertierungen zwischen Einheiten vorgenommen werden können.

Darüber hinaus muss durch die Import-Plugins auch sichergestellt werden, dass vorhandene Beziehungen zwischen Elementen (in der Regel innerhalb des gleichen Quellmodells) in die Datenhaltung von Archi übernommen werden.

Die indirekte Vernetzung ist analog zum beschriebenen EA-Ansatz mithilfe der Verbindungen zu den Zuordnungsinstanzen sicherzustellen.

Als Zwischenergebnis sind nun die gewünschten Informationen im ArchiMate-Modell innerhalb von Archi vorhanden. Die im Ansatz beschriebene integrierte Datenbasis ist damit hergestellt. Dem Ansatz folgend gilt es nun, den Analyseteil in Archi zu integrieren. Wie in der Übersichtsgrafik 8.3 zu sehen ist, sind bei der Definition der Kennzahlen und der Durchführung der Analyse neue Funktionalitäten zu implementieren. Hinsichtlich der Untersuchungsobjekte können Teile übernommen werden.

Gemäß dem beschriebenen Analyseansatz sind zunächst die Untersuchungsobjekte zu wählen, welche als Abstraktionsebene für die Ableitung des jeweiligen Handlungsbedarfs agieren sollen (siehe Abschnitt 6.5.1). Vereinfachend seien die Zuordnungsinstanzen hierfür gewählt.

Nach dem Auswählen der Untersuchungsobjekte sollte es dem Ansatz folgend möglich sein, eine Gewichtung für diese Objekte festzulegen. Der Ansatz sieht hierfür die Definition einer individuellen Berechnungsvorschrift vor. Die Eingabe der Gewichtung könnte in den Eigenschaften des Modells in Archi eingebunden werden. Somit wird die bestehende Oberfläche nur ergänzt. Neu einzufügen wäre die Möglichkeit, die Gewichtungsvariablen individuell für ein Untersuchungsobjekt zu belegen, eventuell auch unter Berücksichtigung der Vererbung durch eine gegebene Hierarchie (siehe Abschnitt 6.5.2). Hierzu könnte ein neuer View dynamisch erzeugt werden, welcher die Untersuchungsobjekte und die Hierarchie abbildet. Die Variablenwerte könnten über die Eigenschaften als Name-Wert-Paare für die Untersuchungsobjekte festgelegt werden.

Nach der Gewichtung folgen mit der Definition der Kennzahlen und der Kategorien die zentralen Bestandteile des Analyseansatzes. Diese Aspekte sind in Archi neu zu implementieren.

Ebenfalls über die Eigenschaften eines spezifischen ArchiMate-Modells könnten die verschiedenen Grenzwerte für die Aufmerksamkeit (siehe Abschnitt 7.3) hinterlegt werden, die später bei der Interpretation eine wichtige Rolle spielen.

Umfassender ist die Neuentwicklung für die Kennzahldefinition. Bei der Eingabe der Kennzahlen sind beide Arten, Indikator- und Zielfunktion-Kennzahlen, gemäß Abschnitt 7.4.1 zu berücksichtigen. Aufgrund der umfangreichen Definitionsmöglichkeiten für die Kennzahlen bietet sich ein eigener Dialog in Archi an.

Ist eine Kennzahl definiert und beinhaltet Platzhalter, dann können diese durch die erläuterten Termtypen konkretisiert werden. Die Termtypausprägungen Indikator-Kennzahl, GewichtungsvARIABLE und fester Wert sind einfach zu realisieren. Es ist lediglich der entsprechende Wert für die Ausprägung abzufragen. Bei der Verwendung eines Gewichtungsergebnisses entfällt die Angabe, da es nur eine einzige Gewichtungsart gibt.

Mehr Informationen bei der Definition erfordern hingegen die Termtypen für ein Vokabular-konzept oder eine Eigenschaft. Für das Vokabular-konzept ist gemäß Ansatz ein Konzept (hier: ArchiMate-Konzept) auszuwählen sowie die Art der Aggregation festzulegen. Beim Termtyp für eine Eigenschaft ist zusätzlich noch diejenige Eigenschaft anzugeben, die (sofern vorhanden) in die Berechnung der Kennzahl eingehen soll. Anders als im beschriebenen EA-Ansatz mit dem EA-Vokabular liegen die verfügbaren Eigenschaften nicht am ArchiMate-Metamodell vor. Es ist eine Eingabe bzw. Auswahl der Eigenschaft vorzusehen. Ebenfalls ist die Definition der Kategorien zu ermöglichen, wie im Ansatz vorgesehen (siehe Abschnitt 7.4.2).

Nach den Definitionen der benötigten Kennzahlen und Kategorien folgt schließlich die Durchführung der Analyse. Dies ist eine in Archi neu zu implementierende Funktionalität. Eine solche Implementierung kann, wie im Fall der Import-Plugins zuvor, als eigenes Plugin erfolgen. Damit würde die Realisierung der Analyseberechnung in diesem Plugin gekapselt und in die Menüstruktur von Archi eingefügt werden können.

Für die Umsetzung des Analyseansatzes besteht eine Möglichkeit darin, die Archi-Datenbasis zunächst in eine RDF-Repräsentation zu überführen. Dann wären auch die Kennzahlen in eine SPARQL-Repräsentation zu überführen, wie dies im Rahmen des vorgestellten Ansatzes beschrieben wurde (siehe Abschnitt 7.5.2.2). Damit könnten die Vorzüge der Technologien des Semantic Web hinsichtlich der Auswertung der Datenbasis genutzt werden. Die Auswertungen können mit Standardmitteln erfolgen und programmgestützt die flexibel definierten Kennzahlen über der Datenbasis ausführen.

Für die Realisierung kann hierzu auf *Apache Jena*, ein Programmierframework für Anwendungen im Umfeld des Semantic Web [Siehe The18a], zurückgegriffen werden. Es bietet unter anderem eine Datenhaltung für Triple (vgl. Abschnitt 4.3.1), eine Java-Programmierschnittstelle für den Umgang mit RDF-Daten, eine Möglichkeit zur Ausführung von SPARQL-Anfragen (vgl. Abschnitt 4.3.5) sowie weitere Funktionen [Siehe The18f]. Damit sind zahlreiche Funktionalitäten zur Vereinfachung des Umgangs mit RDF-Daten bereits im Framework vorhanden. Ergänzende Bemerkungen zum Framework und Gründe für die Wahl finden sich später in Abschnitt 8.3.1.

Zur Vereinfachung muss die Umwandlung der Datenbasis nur durchgeführt werden, wenn sie sich vor einer Analyse verändert hat. Konzeptionell kann dies als zweischrittiger Ablauf realisiert werden. Im ersten Schritt erfolgt ein Auslesen des gesamten ArchiMate-Modells aus der Archi-Datenbasis. Hierzu stehen bereits Export-Plugins in Archi zur Verfügung. Dies bestätigt zugleich die generelle Machbarkeit, ein Modell gesamthaft auszulesen. Zudem lassen sich analog zum Import-Plugin auch eigene Export-Plugins entwickeln [Siehe Bea18d]. Die ausgelesenen Modellinhalte können dann in eine RDF-Repräsentation überführt werden. Gleiches gilt für das ArchiMate-Metamodell, welches ebenfalls in RDF transformierbar ist.

Ein Vorgehen zur Transformation eines ArchiMate-Metamodells sowie von ArchiMate-Modellen beschreiben *Bakhshadeh, Morais, Caetano* und *Borbinha* [Bak+14]. Die folgenden

Ausführungen in diesem Absatz beruhen auf ihren Erläuterungen. Die Transformation des Metamodells basiert auf einer XML-Beschreibung, die als Input genutzt wird. Als Ausgangspunkt für die Modelle dient der Export aus dem Werkzeug Archi (CSV-Datei). Die Informationen werden danach in die Ontologiesprache OWL, als weitere Technologie des Semantic Web (siehe Abschnitt 4.4.2), überführt. Zugleich heben auch [Bak+14] in diesem Zusammenhang die Vorteilhaftigkeit der Nutzung semantischer Technologien hervor, um ein ArchiMate-Modell effektiv mittels einer Anwendung analysieren zu können.[Zu diesem Absatz siehe Bak+14, S. 55-59] Dies verdeutlicht die Anwendbarkeit einer solchen Transformation.

Für den vorliegenden Ansatz wurden in Abschnitt 5.8.4 die Gründe für die Wahl von RDF und RDFS als Basis der Datenrepräsentation ausgeführt. Demnach kann angelehnt an das Vorgehen von [Siehe Bak+14] eine Transformation der Modelle erfolgen, jedoch abweichend nach RDFS. Zusätzlich zur Transformation des Metamodells sowie der Modelle ist für den vorliegenden Ansatz noch eine Ergänzung wesentlich: die Übernahme der Eigenschaften und der Datenwerte. Diese Eigenschaften und ihre Werte müssen ebenfalls bei der Transformation berücksichtigt werden. Nur so können diese gemeinsam mit den detaillierten Informationen bei der Analyse berücksichtigt werden.

Damit würde eine vergleichbare Datenbasis vorliegen, wie sie im EA-Analyseansatz zur Berechnung der Kennzahlen beschrieben ist. Als erster Schritt vor der eigentlichen Berechnung sei auch an dieser Stelle die Ermittlung von Direktverbindungen zwischen Untersuchungsobjekten und zugehörigen Instanzen durchgeführt. Dafür kann auf das in Abschnitt 7.5.2.1 skizzierte Vorgehen zurückgegriffen werden, welches auf der RDF-Datenbasis arbeitet.

Im Fall von Archi gibt es durch die Verwendung von ArchiMate eine alternative Möglichkeit zur Ableitung dieser Direktverbindungen. Wie in Abschnitt 8.2.1 bei der Vorstellung von ArchiMate erwähnt, sieht die Modellierungssprache abgeleitete, indirekte Verbindungen vor. Die ArchiMate-Spezifikation in [Siehe The17h] verweist diesbezüglich auf den Artikel von *van Buuren, Jonkers, Iacob und Strating* [Siehe Van+04], in welchem das Vorgehen zur Ermittlung dieser indirekten Verbindungen innerhalb eines ArchiMate-Modells, auf Basis des ArchiMate-Metamodells, beschrieben wird. Dabei wird zwischen je zwei Elementen eine indirekte Verbindung gesucht und als Verbindungstyp der schwächste Typ der am Verbindungspfad beteiligten Beziehungen gewählt [Siehe Van+04].

Die Anwendung Archi konnte in der vorherigen Version 3.3 die indirekten Verbindungen auf Basis der im Modell verfügbaren Informationen ermitteln und bei Bedarf neue, direkte Verbindungen zusätzlich in das Modell einfügen [Siehe Bea16b, S. 100-102]. Dies erfolgte jedoch nur ausgehend von einer Nutzerinteraktion und für genau zwei ausgewählte Elemente. Insofern wäre das Vorgehen im Hintergrund automatisch für alle Untersuchungsobjekte auszulösen und die Verbindungen im Modell gesondert abzulegen. Allerdings steht diese Funktionalität in der zum Zeitpunkt des Schreibens dieser Arbeit verfügbaren Version 4 noch nicht erneut zur Verfügung, soll jedoch in einer späteren Version folgen [Siehe Bea18a, S. 5].

Nachdem die Ermittlung der Direktverbindungen abgeschlossen wurde, können die Kennzahlen beruhend auf der RDF-Datenbasis berechnet werden. Dies erfolgt primär durch die Ausführung der SPARQL-Abfragen, so wie im Abschnitt 7.5.2.2 skizziert. Im zweiten Schritt erfolgt die Nachverarbeitung innerhalb des zu erstellenden Analyse-Plugins. Dort werden die Ergebnisse der Zielfunktion-Kennzahlen gemäß der Ratingmethodik in Performance-Werte umwandelt. Anschließend muss das Plugin aus diesen Werten die Kategorie- und Gesamtratings ermitteln, wie in Abschnitt 7.5.3 beschrieben.

Die Ergebnisse sind danach an den Untersuchungsobjekten im ArchiMate-Modell in Form von Eigenschaften zu dokumentieren, damit sie innerhalb der Archi-Datenbasis zugreifbar sind.

Eine einfache Anzeige des Gesamtratings und der zugehörigen Kategorie- bzw. Kennzahlratings kann für ein Untersuchungsobjekt im Properties-Bereich von Archi (siehe Abschnitt 8.2.2) erfolgen. Zudem unterstützt Archi die Anpassung der grafischen Darstellung von Elementen in einem View [Siehe BST18, S. 51-53]. Auf diese Weise können, unter Verwendung der Aufmerksamkeitsgrenzen und des jeweiligen Gesamtratings, die Untersuchungsobjekte farblich gekennzeichnet werden. Die Darstellung der Ratingergebnisse wäre neu in Archi zu implementieren.

Schließlich könnten die Ratingergebnisse auch in Form eines Reports aufgelistet werden. Die Ausgabe von Reports wird bereits durch Archi unterstützt, wie bei der Vorstellung zuvor erwähnt wurde (siehe Abschnitt 8.2.2). Folglich ist eine Report-Vorlage zu entwickeln, in der alle Untersuchungsobjekte, die Gesamtratings und optional die detaillierten Teilratings berücksichtigt werden.

Zusammenfassend betrachtet verdeutlicht dieser Abschnitt, dass eine Integration des Vernetzungs- und Analyseansatzes in ein bestehendes EA-Werkzeug prinzipiell möglich ist. Damit können die besonderen Merkmale des Ansatzes auch dort genutzt werden. Es sind dabei die Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die das bestehende Werkzeug für eine solche Integration vorgibt.

### **8.3 Eigenständiger Prototyp: EAAP (Enterprise Architecture Analysis Platform)**

Nach Beschreibung der möglichen Integration des vorgestellten Ansatzes in die bestehende Anwendung Archi wird nun in diesem Abschnitt die Implementierung als eigenständiger Prototyp vorgestellt. Zunächst gibt der Abschnitt eine Übersicht über den grundlegenden Aufbau und die Merkmale des Prototyps. Danach wird auf spezifische Aspekte gezielt eingegangen und im Umfeld des Prototyps erläutert.

#### **8.3.1 Übersicht über den Prototyp**

Der Prototyp wurde entwickelt, um die Realisierbarkeit des beschriebenen Konzepts zu zeigen und den Ansatz weiter zu erproben. Des Weiteren ist vorgesehen, den realisierten Prototyp als Plattform für zukünftige Forschungsarbeiten im Kontext der Nutzung und Analyse von Enterprise Architectures zu verwenden.

Ziel beim Prototyp war eine Umsetzung des gesamten Ansatzes, so wie er zuvor in den Kapiteln 5, 6 und 7 eingeführt wurde. Bei der Beschreibung der möglichen Integration in Archi lag der Fokus hingegen auf dem Umgang mit Rahmenbedingungen einer bestehenden Anwendung. An dieser Stelle können nun alle Charakteristika des Ansatzes (siehe Übersicht der Grundaspekte in Abschnitt 8.1.1) ohne Beschränkungen realisiert werden. Damit ergeben sich bereits beginnend mit der Übernahme von Inhalten aus den bestehenden Datenquellen, die Vorzüge der semantischen Technologien (siehe Abschnitt 5.5).

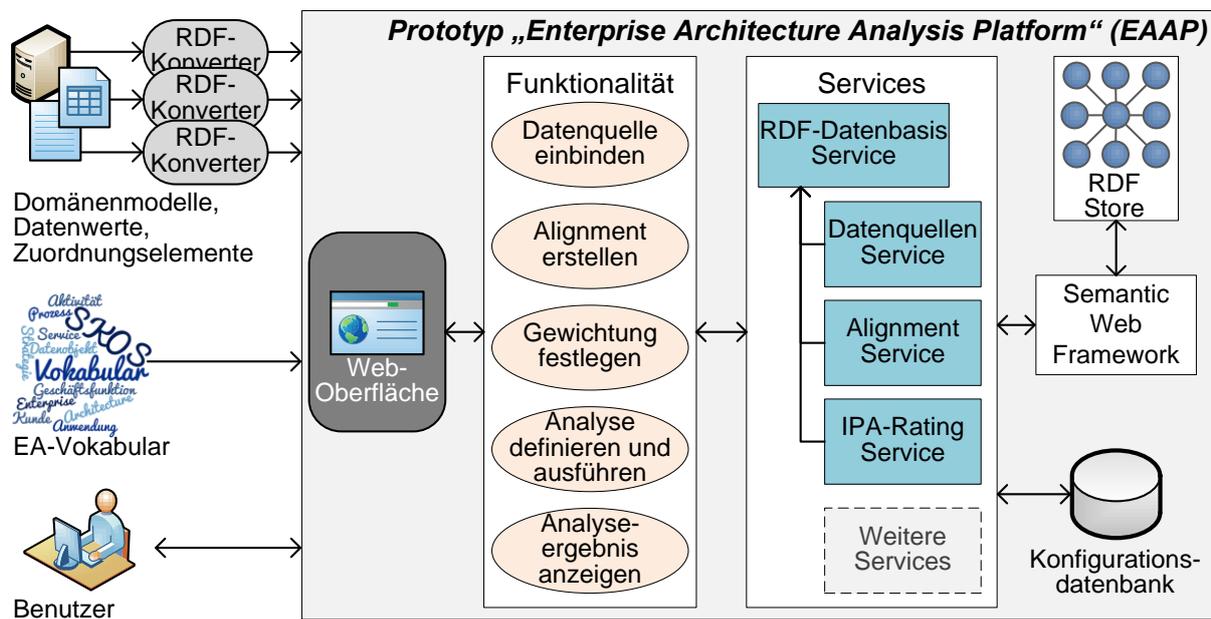
Vor der eigentlichen Beschreibung der Eigenentwicklung werden die wesentlichen Systeme und Frameworks benannt, die im Rahmen der Implementierung zum Einsatz gekommen sind.

Als Entwicklungsumgebung wurde die Eclipse IDE [Siehe The18g] eingesetzt. Der Prototyp wurde hauptsächlich in der Programmiersprache Java erstellt.

Es wurde festgelegt, dass der Prototyp als Web-Anwendung zu entwickeln ist. Aus diesem Grund wurde mit Apache Tapestry [Siehe The17b] ein entsprechendes Programmierframework

verwendet<sup>2</sup>. Eine ausführliche Beschreibung zur Verwendung des Frameworks findet sich etwa in [Siehe Dro12]. Apache Tapestry wurde gewählt, weil es eine Entwicklung in Java ermöglicht sowie eine klare Programmstruktur definiert. Dem Autor ist bekannt, dass es eine Vielzahl weiterer Frameworks gibt, die ebenso hätten verwendet werden können.

Für ein besseres Verständnis über den Aufbau des Prototyps skizziert Abbildung 8.4 die vereinfachte Architektur. Auf die einzelnen Bestandteile wird in den nachfolgenden Unterabschnitten gesondert eingegangen. Als eingehende Inhalte in den Prototyp bzw. den Ansatz sind die Domänenmodelle, Datenwerte, Zuordnungselemente und das EA-Vokabular zu berücksichtigen. Die Benutzer können die Web-Anwendung verwenden, um auf die angebotenen Funktionalitäten zuzugreifen. Die Funktionen wiederum nutzen interne Services, in denen die Programmlogik gekapselt ist.



**Abbildung 8.4:** Vereinfachte Übersicht über die Architektur des Prototyps EAAP zur Realisierung des vorgestellten Ansatzes (Quelle: Eigene Darstellung)

Für den Umgang mit den RDF-Daten wird das Semantic-Web-Programmierframework *Apache Jena* [Siehe The18a] eingesetzt<sup>3</sup>. Damit besteht auch Zugriff auf einen einfachen Triplestore für die Datenhaltung (vgl. Abschnitt 5.5), wobei unterschiedliche Speicherungsarten angeboten werden [Siehe The18f]. Apache Jena umfasst auch Schnittstellen zum Zugriff auf die Triple, die Ausführung von Anfragen sowie Möglichkeiten zur Ableitung von Wissen [Siehe The18a; Siehe The18f]. Hierzu beinhaltet Apache Jena verschiedene Reasoner, welche z. B. bereits die Semantik von RDFS (vgl. Abschnitt 4.3.3) berücksichtigen oder individuelle Regeln für das Schlussfolgern verwenden können [Siehe The18b].

Eine Beschreibung der Architektur von Apache Jena findet sich bei [Siehe The17a]. Das Framework ist ein verständliches und übersichtlich strukturiertes System, was die Auswahl mit beeinflusst hat. Dazu beigetragen haben auch die gute Dokumentation [Siehe The18a; Stellvertretend siehe Heb+09] sowie die allgemeine Verbreitung und der Funktionsumfang. Die Leistungsfähigkeit des Frameworks ist für die Realisierung des Prototyps und die Erprobung verschiedener Szenarien geeignet. Bei spezifischen Anforderungen, die eine höhere Perfor-

<sup>2</sup>Apache Tapestry wurde in der Version 5.3.8 eingesetzt.

<sup>3</sup>Apache Jena wurde in der Version 2.11.0 verwendet.

mance, Skalierbarkeit oder Speicherfähigkeit erfordern, könnte bei Bedarf auf andere Systeme zurückgegriffen werden, was durch die Nutzung der Semantic-Web-Standards erleichtert wird. Wie in [Siehe Heb+09, S. 142] hervorgehoben wird, können zudem z. B. alternative Triplestores oder Reasoner punktuell eingebunden werden.

Neben Apache Jena gibt es weitere Semantic-Web-Frameworks. Ein anderes Beispiel für ein solches Framework ist das vormals als *OpenRDF Sesame Framework* bekannte Framework *Eclipse RDF4J* [Siehe Ec118].

Wobei jeweils zu prüfen ist, ob die alternativen Systeme auch über die erforderlichen Funktionalitäten verfügen, wie z. B. die Abdeckung der SPARQL-Konstrukte. Eine Übersicht über Performance-Betrachtungen verschiedener Systeme und Aspekte im Kontext des Semantic Web findet sich in [Siehe W3C18b].

Darüber hinaus existiert im Prototyp eine kleine Datenbank zur Ablage bestimmter Konfigurationsdaten.

Nachfolgend seien die in Abbildung 8.4 dargestellten Hauptfunktionen näher betrachtet.

### 8.3.2 Datenquelle einbinden

Das Einbinden von Datenquellen betrifft alle Ebenen des Prototyps. Beginnend an der Eingangsschnittstelle bis hin zur Ablage im RDF-Store. In Anlehnung an die Vorstellung verschiedener Varianten zur Einbindung von Datenquellen in Abschnitt 5.9.2 wurde an dieser Stelle die „Variante C“ ausgewählt. Dementsprechend sind die Quellinformationen vorab in eine RDF-Repräsentation zu überführen. Dabei sind beliebige Quellsysteme denkbar. Als Ausprägung dieser Quelldaten ist neben den Domänenmodellen, Datenwerten und Zuordnungselementen auch das EA-Vokabular zu nennen.

Es sei hierzu angenommen, dass die Zuordnungselemente bereits festgelegt wurden (siehe Abschnitt 5.8.1) und in den Quelldaten vorliegen (siehe Abschnitt 5.8.2). Die Konvertierung in eine RDF-Repräsentation kann entweder durch das jeweilige Quellsystem erfolgen oder durch einen RDF-Konverter<sup>4</sup>. Auf verschiedene Möglichkeiten zur Konvertierung wurde in Abschnitt 5.8.4 bereits eingegangen. Vergleichbar gilt dies für die Bereitstellung des EA-Vokabulars (siehe Abschnitt 5.9.1.1) in einer SKOS-Repräsentation. Danach werden die Informationen in die Datenbasis integriert. Diese Variante der Einbindung verbessert die Nachvollziehbarkeit des Prototyps, da alle Daten in der Datenbasis vorliegen. Zugleich erleichtert es die Entwicklung und den Test, da die Quellsysteme nicht ständig verfügbar sein und zugegriffen werden müssen.

Für die Verwaltung der einzubindenden RDF-Repräsentationen existieren entsprechende Masken auf der Web-Oberfläche. Im Wesentlichen sind ein Name und die Datei anzugeben. Darüber hinaus ist für das Vokabular auszuwählen, welches das Wurzelement der Datenwerthierarchie ist, sowie welches Konzept für die Zuordnungselemente verwendet werden soll (siehe Abschnitt 5.9.1.1). Diese Einstellungen werden in einer Konfigurationsdatenbank (siehe Abbildung 8.4) abgelegt.

Ein neuer Import der RDF-Daten kann über die Web-Oberfläche gestartet werden. Hierbei können entweder alle Daten (Vokabular, Domänenmodelle, Datenwerte, Zuordnungselemente) oder nur die Datenwerte importiert werden. Da sich die Datenwerte eventuell in kürzeren Abständen als die strukturellen Informationen ändern, wurde dieser verkürzte Import zusätzlich vorgesehen. Es wird hierzu der Datenquellen-Service (siehe Abbildung 8.4) aufgerufen, in dem die Logik für den Import gekapselt ist.

<sup>4</sup>Während der Entwicklung des Prototyps wurde u. a. ein RDF-Konverter für Prozessmodelle gemäß dem BPMN-2.0-Standard erstellt.

Für einen vollständigen Import neuer Informationen werden zunächst die vorhandenen Informationen aus der Datenbasis entfernt. Beim Import des EA-Vokabulars wird im Hintergrund das Vokabular automatisch um spezifische RDFS-Konstrukte angereichert, um später die Verarbeitung zu erleichtern. Auf so eine Möglichkeit wurde in Abschnitt 5.9.1.2 bereits eingegangen. So werden Klassen für Hierarchien und konkrete Konzepte sowie Prädikate für die Verbindung von Konzepten und der Zuordnung von Einheiten eingefügt. Die zugrunde liegenden Konstrukte besitzen dabei eine bestimmte Bedeutung, wodurch der Prototyp später die entsprechenden Informationen automatisch und einheitlich verarbeiten kann.

Wie zuvor erwähnt, besitzt Apache Jena bereits einen integrierten Triplestore [Vgl. The18c]. Die eingebundenen Daten werden daher in diesem Triplestore abgelegt. Für jede Datenquelle werden die Daten individuell übernommen und jeweils in einem eigenen Teilgraphen abgelegt. Apache Jena bietet die Möglichkeit, kleinere Teilgraphen zu benennen, aber zugleich alle Inhalte auch über einen übergreifenden Graphen vereint zuzugreifen [Siehe The18d].

Bis zu diesem Punkt existieren die Informationen weitgehend losgelöst nebeneinander in der Datenbasis. Die Funktionalität zur Erstellung der Alignments hat zum Ziel, diese vorhandenen Daten tatsächlich zu verknüpfen.

### 8.3.3 Alignment erstellen

Nachdem alle gewünschten Daten eingebunden sind, kann ein Matching der Quellen mit dem EA-Vokabular erfolgen, wie es in Abschnitt 5.9.3 konzeptionell beschrieben wurde. Dabei gilt, dass bei den Mappings die Quellen nur auf das EA-Vokabular abgebildet werden müssen und nicht Quellen auf andere Quellen (siehe Abschnitt 5.9.3.1).

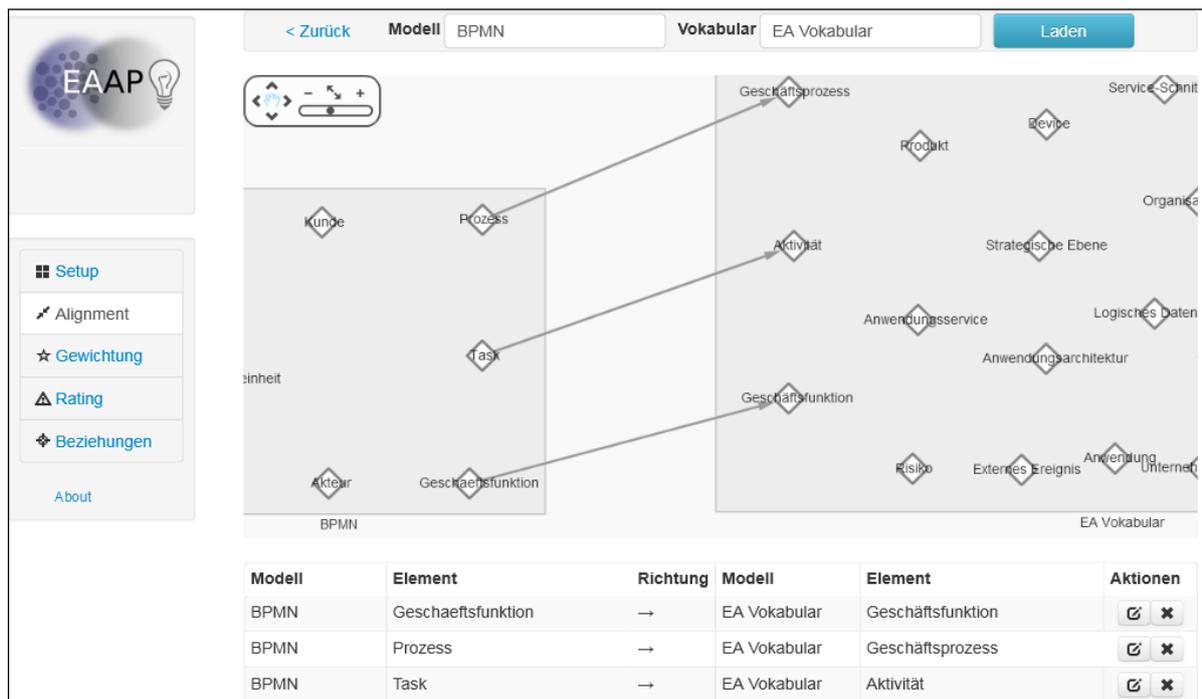
Um für den Benutzer die Erstellung des Alignments zu erleichtern, wurde im Prototyp eine grundlegende Möglichkeit zur grafischen Festlegung implementiert. In Abbildung 8.5 ist ein Screenshot des Prototyps dargestellt, welcher das grafische Festlegen des Alignments zeigt. Im Beispiel werden drei Konzepte aus der BPMN-Datenquelle (Geschäftsprozesse) auf ihre Entsprechungen im EA-Vokabular abgebildet.

Zur grafischen Darstellung der Modelle und des Vokabulars wird die unter der Open-Source-Lizenz LGPL stehende Komponente *Cytoscape Web* [Siehe Cyt18] eingesetzt<sup>5</sup>. *Lopes, Franz, Kazi, Donaldson, Morris* und *Bader* [Lop+10] beschreiben in ihrem Artikel die Hintergründe und Eigenschaften von Cytoscape Web. So erlaubt es die Komponente, auf einer Webseite individuelle Netzwerke grafisch anzuzeigen. Hierzu werden der Komponente eine Beschreibung des anzuzeigenden Netzwerkes und Informationen zur Darstellung übergeben. Zudem kann das Netzwerk dynamisch angepasst werden und auf Nutzerinteraktionen reagieren.[Zu diesem Absatz siehe Lop+10]

Im Prototyp werden die angebotenen Funktionen der Komponente eingesetzt. Die Konzepte des gewählten Quellmodells und die Konzepte des EA-Vokabulars werden jeweils zu einer Gruppe zusammengefasst und dargestellt (siehe Abbildung 8.5). Der Benutzer kann nun Verbindungen zwischen den Konzepten durch Ziehen von Verknüpfungen erstellen. Der Prototyp übergibt hierzu eine entsprechende Repräsentation der Konzeptsammlungen an die Komponente und reagiert zugleich auf Benutzeraktionen.

Wie in der Abbildung 8.5 zu sehen ist, werden die Mappings zusätzlich in Tabellenform aufgeführt. Ebenfalls können zu einem Mapping ergänzende Festlegungen angegeben werden,

<sup>5</sup>Zwischenzeitlich wurde mit *Cytoscape.js* [Siehe Fra+16] eine überarbeitete Bibliothek veröffentlicht, welche nicht mehr auf der Flash-Technologie basiert. Aufgrund der guten Erfahrungen mit dem bestehenden Cytoscape Web erfolgte jedoch noch kein Wechsel auf die neue Bibliothek.



**Abbildung 8.5:** Screenshot der grafischen Erstellung des Alignments zwischen einem Quellmodell und dem EA-Vokabular (Quelle: Screenshot des Prototyps)

wie sie in Abschnitt 5.9.3.3 beschrieben sind. Hierzu zählen etwa die Einschränkung auf konkrete Instanzen durch Restriktionen, das zusätzliche Abbilden von Eigenschaften sowie die Angabe einer expliziten Schlüsseleigenschaft zur Identifikation. Die Mappings und die zusätzlichen Festlegungen werden innerhalb der Konfigurationsdatenbank (siehe Abbildung 8.4) abgelegt.

Nach der Definition der Mappings müssen diese ausgeführt werden, um die Informationen in der Datenbasis zu verknüpfen. Hierzu wurde im Prototyp das in Abschnitt 5.9.4 erläuterte Vorgehen zur Ausführung von Mappings implementiert. In jenem Abschnitt wurde für die Mappings und die ergänzenden Festlegungen deren jeweilige Berücksichtigung aufgezeigt.

Die Überführung der Mappingdefinitionen in Inferenzregeln erfolgt im Prototyp innerhalb des dafür vorgesehenen Alignment-Services (siehe Abbildung 8.4). Im Anschluss können die Regeln ausgeführt werden und die durch Schlussfolgerungen abgeleiteten Statements (vgl. Abschnitt 4.3.4) mit dem RDF-Datenbasis-Service in die Datenbasis übernommen werden.

Apache Jena verfügt über eine eigene Syntax zur Definition solcher Regeln [Siehe The18b]. Nach ihrer Definition können sie mit der Rules Engine von Apache Jena ausgeführt werden [Siehe The18b; und ergänzend vgl. Heb+09, S. 257-258].

### 8.3.4 Gewichtung festlegen

Im vorgestellten Ansatz spielen die Untersuchungsobjekte bei der Analyse eine zentrale Rolle, wie in Abschnitt 6.5.1 ausgeführt wurde. Die Berechnungen erfolgen dabei jeweils pro Untersuchungsobjekt. Für die prototypische Realisierung des Ansatzes wurde aktuell die Variante übernommen, dass die Menge der Zuordnungselemente gleichzeitig die Menge der Untersuchungsobjekte ist. Eine Abweichung davon wäre möglich und könnte entsprechend berücksichtigt werden.

Durch die spezielle Auszeichnung der Zuordnungselemente in der Datenbasis kann die Menge der Untersuchungsobjekte unmittelbar über einen Service abgerufen werden.

Im Prototyp wurde auch die Möglichkeit zur Gewichtung der Untersuchungsobjekte realisiert (siehe Abschnitt 6.5.2). Dementsprechend ist die Eingabe einer individuellen Berechnungsvorschrift vorgesehen. Die Eingabe orientiert sich dabei an der üblichen Schreibweise mathematischer Formeln, um intuitiv für den Nutzer bedienbar zu sein.

Die Interpretation der eingegebenen Formel wurde unter Verwendung von *ANTLR* [Siehe Par07] realisiert. ANTLR ist ein verbreiteter Parsergenerator, der ausgehend von einer formulierten Grammatik, Komponenten zur lexikalischen Analyse, zum Parsen eines Inputs und zur Verarbeitung des erzeugten Syntaxbaums generieren kann [Siehe Par07, S. 3-7]. Für den Prototyp wurde ANTLR in der Version 4 [Siehe Par12] sowie *ANTLRWorks 2* [Siehe Tun18] als Entwicklungsumgebung verwendet. Für detaillierte Erläuterungen zur Interpretation mathematischer Ausdrücke sei an dieser Stelle z. B. auf [Siehe App99, S. 44-47] verwiesen.

Um die Eingabe einer solchen mathematischen Vorschrift im Prototyp zu behandeln, wurde eine einheitliche Grammatik für die Definition der Gewichtung und der Kennzahlen beschrieben. Sie basiert auf den grundsätzlichen Prinzipien in [Siehe App99] sowie den spezifischen Überlegungen in den Abschnitten 6.5.2 (Gewichtung) und 7.4.1 (Kennzahlen). Wobei im Fall der Kennzahlen zusätzliche Angaben erlaubt sind, wie z. B. die Kennzahlausprägung, was in der Formel für die Gewichtung nicht zulässig ist. Die eingegebenen Formeln werden dabei in der Konfigurationsdatenbank abgelegt.

Bei einer Formel zur Beschreibung der Gewichtung wird ausgehend vom konstruierten Syntaxbaum, intern eine Repräsentation in Form einer Inferenzregel erzeugt. Variablen werden zunächst als variable Bestandteile in die Regel übernommen. Der Prototyp berücksichtigt dabei das in Abschnitt 6.5.2 geschilderte Vorgehen zur Vergabe konkreter Werte für die Variablen einzelner Untersuchungsobjekte. Hierzu existiert in der Web-Anwendung eine Baumansicht, welche die (optionale) Hierarchie der Untersuchungsobjekte abbildet und Eingaben für die variablen Bestandteile zulässt.

Die Werte für die Variablen werden dann in der Datenbasis an den Untersuchungsobjekten dokumentiert. Damit können diese Werte bei Ausführung der Regeln verwendet werden. Die Ergebnisse werden mit einem definierten Prädikat am jeweiligen Untersuchungsobjekt dokumentiert. Alte Ergebnisse werden vorab gelöscht.

Zuerst erfolgt die Berechnung der Gewichtungen für Untersuchungsobjekte mit individuell festgelegten Variablen. In einem zweiten Verarbeitungsschritt erfolgt die Vererbung der Gewichtungen auf Untersuchungsobjekte ohne überschriebene Variablen. Dies erfolgt mittels einer SPARQL-Anweisung, da Eltern-Kind-Beziehungen der Objekte innerhalb der Hierarchie zu berücksichtigen sind, deren Längen variabel sein können.

Die Ausführung der Regeln sowie die Behandlung der Vererbungsbeziehungen sind im „RDF-Datenbasis Service“ (vgl. Abbildung 8.4) gekapselt.

### 8.3.5 Analyse definieren und ausführen

Essenziell für den Analyseansatz sind die Kennzahlen, welche über der Datenbasis ausgeführt werden (siehe Abschnitt 7.1). Der Prototyp bietet daher eine Eingabemaske zur Beschreibung der in Abschnitt 7.4.1 eingeführten Indikator- und Zielfunktion-Kennzahlen. Abbildung 8.6 zeigt diese Maske mit einer Zielfunktion-Kennzahl als Beispiel.

Neben allgemeinen Informationen zur Kennzahl, wie Name und Beschreibung, kann zudem die Importance gemäß dem IPA-Rating-Hintergrund (siehe Abschnitt 7.3) eingestellt werden.

Die Berechnungsvorschrift beinhaltet neben der Art der Kennzahl (Indikator oder Zielfunktion) auch die eigentliche Formel, inklusive der Verwendung von Platzhaltern für die Termtypen. Nach Prüfung der Korrektheit der eingegebenen Berechnungsvorschrift können im Bereich unterhalb der Berechnungsvorschrift die Details der Platzhalter festgelegt werden (siehe Abbildung 8.6). Zur vereinfachten Eingabe können die Vokabularkonzepte und Eigenschaften in Auswahllisten selektiert werden, da die Kennzahlen wie erläutert mithilfe des EA-Vokabulars definiert werden. Die einzugebenden Details variieren dabei je nach gewähltem Termtyp. Am Ende erfolgt eine Prüfung aller Eingaben, etwa mit Hinblick auf Pflichtfelder. Die Eingaben werden ebenfalls in der Konfigurationsdatenbank abgelegt.

Wie soeben bei der Festlegung der Gewichtung beschrieben, wurde eine einheitliche Grammatik für die Definition der Gewichtung und der Kennzahlen gewählt. Aufgrund der Flexibilität und des Funktionsumfangs wird jedoch an dieser Stelle SPARQL zur Transformation der Berechnungsvorschriften ausgewählt, was in Abschnitt 7.5.1 bereits als geeignete Möglichkeit erörtert wurde. Im IPA-Rating-Service (siehe Abbildung 8.4) erfolgt hierzu die Erzeugung der SPARQL-Repräsentationen zu den eingegebenen Berechnungsvorschriften.

Dem Ansatz folgend, realisiert der Prototyp auch die Definition der Kategorien (siehe Abschnitt 7.4.2), mit denen mehrere Kennzahlen logisch zusammengefasst werden können. Einer Kategorie können dabei über eine Auswahlliste vorhandene Zielfunktion-Kennzahlen zugeordnet werden. Die Kategorie kann zudem gewichtet werden, im vorliegenden Fall des Prototyps mit einem Faktor zwischen 1 und 10. Die Festlegungen werden ebenfalls in der Konfigurationsdatenbank abgelegt.

**Kennzahl editieren** < Zurück

Name:

Beschreibung:

Aktiv:

Importance: aktuell: 50 %  
 0% ————— 100%  
 Hinweis: Nur für Zielfunktion-Kennzahlen relevant.

Berechnungsvorschrift [Hilfe anzeigen](#)  
 Min <- Agg((Kosten einer Anwendung).(Anwendung))

**Übersicht über die verwendeten Typen in der Formel:**

Name	Typ	Ausprägung
Kosten einer Anwendung	Eigenschaft	Vokabularkonzept Anwendung Eigenschaft linkToTSachkosten Aggregation Summe (alle Vorkommen)
Anwendung	Vokabularkonzept	Vokabularkonzept Anwendung Aggregation Minimum

Abbildung 8.6: Screenshot der Definition einer Kennzahl (Quelle: Screenshot des Prototyps)

Im Prototyp kann anschließend die Berechnung der Ratings angestoßen werden. Die Logik hierzu ist im IPA-Rating-Service (siehe Abbildung 8.4) gekapselt. Die Berechnung umfasst auch die in Abschnitt 7.5.2.1 beschriebene, vorherige Ermittlung der Direktverbindungen zwischen den Untersuchungsobjekten und bestimmten Instanzen. Die erzeugten SPARQL-Abfragen werden mittels Apache Jena ausgeführt, um die Kennzahlen jeweils für die Untersuchungsobjekte zu berechnen.

Die Ergebnisse werden, wie in Abschnitt 7.5.2.2 vorgeschlagen wurde, in der Datenbasis an den Untersuchungsobjekten dokumentiert. Zuerst werden dabei die Indikator-Kennzahlen ausgeführt, da diese mitunter Eingang in die Zielfunktion-Kennzahlen finden. Wobei zur Performanceverbesserung nur solche Kennzahlen (Indikator, Zielfunktion) ausgeführt werden, welche in einer Zielfunktion bzw. Kategorie enthalten sind. Nach Ermittlung der absoluten Kennzahlergebnisse kann mittels SPARQL für die Zielfunktion-Kennzahlen die Abbildung der Kennzahlergebnisse auf die Performance-Werte im Wertebereich 0 bis 1 (je nach Zielfunktion-Typ, siehe Abschnitt 7.5.2.3) vorgenommen werden.

Im Ergebnis liegen somit, gemäß der Übertragung der IPA-Rating-Methodik auf den vorliegenden Ansatz, die Performance-Werte für die relevanten Kennzahlen zu jedem Untersuchungsobjekt in der Datenbasis vor.

### 8.3.6 Analyseergebnis anzeigen

Pro Untersuchungsobjekt werden gemäß den Abschnitten 7.5.3 und 7.5.4, die Kategorieratings aus den Kennzahlratings gebildet. Der Prototyp berücksichtigt dabei die Dissatisfaction-Logik bei der Übernahme der Kennzahlratings (siehe Erläuterung der IPA-Rating-Logik in Abschnitt 7.3). Die Kategorieratings werden unter Verwendung ihres Gewichtungsfaktors zu einem Gesamtrating pro Untersuchungsobjekt aggregiert.

Die Gesamtratings und die Kategorieratings zu allen Untersuchungsobjekten werden in einer Tabelle dargestellt. Die Angabe des Gesamtratings dient in der Tabelle als primäres Sortierkriterium (absteigend).

Die einzelnen Ratings werden dabei in den Farben grün, gelb oder rot markiert, um auf die verschiedenen Abstufungen der notwendigen Aufmerksamkeit hinzuweisen. Die Einteilung kann im Prototyp bei Bedarf durch Anpassung der unteren und oberen Aufmerksamkeitsgrenzen variiert werden.

Der Prototyp zeigt die detaillierten Kategorieratings beim Auswählen eines Untersuchungsobjekts an. Hierzu werden pro Kategorie auch die einzelnen Kennzahlratings angezeigt und somit ihr Anteil am Kategorierating verdeutlicht.

Die Ergebnisse der Kategorie- und Gesamtratings werden dabei nicht in der Datenbasis abgelegt. Ihre Ermittlung wird im Prototyp mittels Java gesteuert, da die verschiedenen Kategorien und Kennzahlen durchlaufen werden müssen und ihre Definitionen in der Konfigurationsdatenbank dokumentiert sind. Über den RDF-Datenbasis-Service (siehe Abbildung 8.4) wird auf die Datenbasis zugegriffen, um die zuvor berechneten Kennzahlergebnisse abzufragen.

# 9 Anwendungsfall: Digitalisierung bei einer Versicherung

*Dieses Kapitel soll die Anwendbarkeit des Ansatzes zur Vernetzung und Analyse von EA-Teilarchitekturen verdeutlichen. Die Erläuterungen erfolgen anhand eines an der Praxis ausgerichteten, umfangreichen Anwendungsfalls im Kontext der Versicherungsbranche. Es wird zunächst der Anwendungsfall und die Ausgangssituation der fiktiven Pfefferminzia Versicherung beschrieben. Inhalt des Anwendungsfalls ist die Einführung der Digitalisierung, was nicht nur in der Versicherungswirtschaft ein sehr aktuelles Thema ist. Danach wird dargestellt, wie diese Thematik mit klassischen EA-Ansätzen und demgegenüber mit dem in dieser Arbeit skizzierten Ansatz bearbeitet werden würde. Der größte Teil des Kapitels entfällt auf die durchgängige Beschreibung der Verwendung des Ansatzes für den Anwendungsfall.*

---

9.1	Einführung in den Anwendungsfall . . . . .	273
9.2	Ausgangslage und Zielsetzung der Pfefferminzia Versicherung . . . . .	277
9.3	Herangehensweise und Einschränkungen beim klassischen EA-Einsatz . . . . .	280
9.4	Anwendbarkeit des vorgestellten Vernetzungs- und Analyseansatzes . . . . .	280
9.5	Vorgehen des Vernetzungs- und Analyseansatzes beim Anwendungsfall . . . . .	281

---

## 9.1 Einführung in den Anwendungsfall

Die Anwendbarkeit des eingeführten Vernetzungs- und Analyseansatzes soll mithilfe eines Anwendungsfalls demonstriert werden, welcher an der Praxis ausgerichtet ist. Der Anwendungsfall basiert auf Erfahrungen des Autors aus der Arbeitstätigkeit bei der PPI AG [Siehe PPI18a]. Das Unternehmen bietet Consulting-Dienstleistungen und Software-Entwicklung für die Banken- und Versicherungsbranche an [Vgl. PPI18a]. Der Autor war in verschiedenen Projekten mit Bezug zu Enterprise Architectures (EAs) tätig, insbesondere bei Versicherungsunternehmen. Daher entstammt auch der vorliegende Anwendungsfall der Versicherungswirtschaft.

Wie in Abschnitt 3.2.1 benannt, ist mit einer Analyse auch stets ein Analyseziel verbunden. Für die Versicherungsbranche ist die Digitalisierung ein ebenso aktuelles wie relevantes Thema. Das belegen verschiedene Studien und Veröffentlichungen, stellvertretend [Siehe Büh15; Siehe Aus16, S. 78-79], und das Interesse der Branche an diesem Themenkomplex. Trotz der Relevanz befindet sich das Thema umfassend betrachtet oftmals noch in frühen Reifegradphasen [Siehe Aus16, S. 78-79]. Näher auf die Digitalisierung geht Abschnitt 9.2 ein, wo auch die Zielsetzung des konzipierten Anwendungsfalls erläutert wird.

Digitalisierung als Begriff ist zunächst wenig konkret. Allerdings kann als verbreitetes Verständnis beobachtet werden, dass Digitalisierung interdisziplinär ausgerichtet ist und sich auf verschiedene Bereiche eines Unternehmens bezieht. Zustimmend hierzu etwa [Siehe Nau+13; und siehe Kre15], wo Digitalisierung in beiden Fällen nicht als reines IT-Thema betrachtet wird, sondern auch die Geschäftsseite einbezogen wird.

Da die Digitalisierung somit verschiedene Domänen eines Versicherungsunternehmens betreffen kann, bieten sich folglich EA-Ansätze zur übergreifenden Behandlung der Fragestellun-

gen an. Um den domänenübergreifenden Charakter abzubilden, lehnt sich das Grundszenario des Anwendungsfalls an mehreren durchgeführten Praxisprojekten an, in denen der Autor tätig war. Jedes Praxisprojekt verfügte dabei über individuelle Schwerpunktthemen und somit über unterschiedliche Ausgestaltungen der zugrunde liegenden Informationen und Modelle. Es wurden daher vom Autor drei konkrete Projektkonstellationen ausgewählt, welche sich zu einem Gesamtszenario geeignet ergänzen.

Aus Gründen der Vertraulichkeit können die jeweiligen Projekthinhalte nicht verwendet werden. Das Anwendungsszenario ist jedoch den durchgeführten Projekten nachempfunden und kann somit die Eigenschaften und Charakteristika dieser Projekte angemessen und realitätsnah widerspiegeln.

Innerhalb der Versicherungsbranche hat sich der Begriff „Pfefferminzia“ fest etabliert und steht dabei allgemein anerkannt für ein Beispiel-Versicherungsunternehmen, das an die Stelle eines konkreten Unternehmens tritt [Vgl. stellvertretend als Beleg über die etablierte Nutzung des fiktiven Namens Syd+95, S. 167]. Aus diesem Grund sei im Rahmen dieses Anwendungsfalls auch der Name *Pfefferminzia Versicherung* verwendet.

Abbildung 9.1 fasst zusammen, wie sich der Anwendungsfall der fiktiven Pfefferminzia aus der Synthese der drei Praxisprojekte ergibt. Nachfolgend werden die drei Projekte näher beschrieben und somit die Inhalte der Abbildung weiter ausgeführt. Wobei im Wesentlichen die charakteristischen Eigenschaften sowie die Inhalte und Modelle verallgemeinert in das Pfefferminzia-Beispiel übernommen werden, da sich etwa die konkreten Projektziele auf einzelne Schwerpunkte bezogen.

Das Pfefferminzia-Szenario besitzt einen erweiterten, übergreifenden Blickwinkel, wie es für Fragestellungen rund um die Digitalisierung typisch ist. Gleichzeitig wird somit auch aufgezeigt, wie Fragestellungen rund um die Digitalisierung analytisch, auf Basis vorhandener Informationen, bearbeitet werden können.

Die dem Anwendungsfall zugrunde liegenden Projekte fanden bei drei Versicherungsunternehmen mit vergleichbaren Eigenschaften statt. Alle drei Versicherer sind mit Bruttobeitrags-einnahmen von bis zu 250 Millionen Euro als kleine Versicherungsunternehmen zu bezeichnen.

Der Bruttobeitrag ist dabei der von einem Versicherungsnehmer entrichtete Betrag, welcher neben der Prämie für die Abdeckung des Schutzes vor einem erwarteten Schaden, auch weitere Zuschläge, wie z. B. für Risiko, Betriebskosten oder Gewinnmarge, beinhalten kann [Siehe Far11, S. 60 ff.; Ergänzend siehe FG09, S. 77-80].

Ebenfalls ist das angebotene Produktportfolio recht ähnlich. Sie bieten jeweils Versicherungsprodukte im Bereich Schaden- und Unfallversicherung an. Im Einzelfall setzen die Unternehmen diesbezüglich besondere Schwerpunkte. So besitzt Versicherungsunternehmen C einen großen Bestand an Verträgen für Transportversicherungen, wohingegen Transportversicherungen beim Versicherungsunternehmen A nicht zum Hauptgeschäftsfeld zählen. Alle drei Unternehmen bieten jedoch Produkte zu Kraftfahrzeug-, Haftpflicht-, Unfall- und Rechtsschutzversicherungen an. Versicherer A, B und C stimmen mit ihren grundlegenden Eigenschaften überein. Somit ist die Zusammenfassung der drei Versicherungsunternehmen zur fiktiven Versicherung Pfefferminzia angemessen.

Auch die durchgeführten Projekte weisen Gemeinsamkeiten auf. So lagen in allen Fällen Detailinformationen in Form von Teilmodellen vor. Identisch war auch die Tatsache, dass die jeweils verantwortlichen Abteilungen unterschiedliche, nicht verbundene Werkzeuge zur Dokumentation ihrer Informationen verwendeten. Versicherer A und C nutzten hierfür spezifische Werkzeuge, wohingegen Unternehmen B teilweise Office-Anwendungen (Textverarbeitung, Tabellenkalkulation) zur einfachen Dokumentation einzelner Teilmodelle einsetzte. Bei Versiche-



Abbildung 9.1: Drei Praxisprojekte bei Versicherungsunternehmen dienen als Grundlage für den Anwendungsfall „Pfefferminzia“ (Quelle: Eigene Darstellung)

rer A kamen zudem in den unterschiedlichen Fachbereichen verschiedene Werkzeuge für die Prozessmodelle zum Einsatz, da diese Modellierungspraxis dezentral gewachsen war.

Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsstände der Versicherer bei Dokumentation und Modellierung der Informationen waren die Teilmodelle unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei Versicherungsunternehmen A und C befand sich das EAM im Aufbau und war damit noch nicht in der gesamten Ausprägung entwickelt. Der Treiber war in beiden Fällen der IT-Bereich. Aus diesem Grund waren die IT-nahen Teilmodelle deutlich umfangreicher ausgearbeitet und dokumentiert, als es etwa bei den Prozessmodellen oder Übersichten von Geschäftsfunktionen der Fall war. Bei Versicherer B war hingegen der Fachbereich Initiator des EA-Vorhabens, sodass die Prozesse in einer umfangreicheren Detailtiefe erfasst wurden. Wobei speziell bei Versicherungsunternehmen B auch die mit den Prozessen verbundenen Risiken betrachtet wurden.

Bei keinem der drei Versicherungsunternehmen lagen umfangreiche Verknüpfungen der Teilmodelle bzw. Werkzeuge vor. Bei A war es sogar, trotz des Einsatzes von Werkzeugen eines Herstellers, nicht ohne Weiteres einfach möglich, die Teilmodelle über die Anwendungsgrenzen hinweg zu verbinden. Zur Umgehung dieser Hürden wurden teilweise Elemente stark abstrahiert und mit zusätzlichem Aufwand im jeweils anderen Werkzeug angelegt.

Datenwerte, wie z. B. Prozesszeiten oder Kosten, lagen in der Regel in spezialisierten Werkzeugen (z. B. System zur Prozessmessung) oder einfachen Office-Anwendungen (Tabellenkalkulation) vor. Das Einfügen von Datenwerten in die bestehenden Modelle wurde von keinem Unternehmen genutzt. Eine analytische Auswertung der Datenwerte, etwa in Form von Kennzahlen auf übergreifender Ebene, erfolgte somit bei keinem der Unternehmen.

Bedingt durch die verschiedenen Werkzeuge, mit ihren jeweils abweichenden Begriffsmodellen, existierten auf Detailebene abweichende Begriffsverständnisse. Nur bei Versicherer C gab es durch das parallel zu den Teilmodell-Systemen erprobte EA-Werkzeug einen ersten Ansatz für ein übergreifendes EA-Metamodell. Bei Versicherer A wurden Projektanträge ohne Rückgriff auf EA-Konzepte weitgehend isoliert gestellt. Eine übergreifende Sicht der Abhängigkeiten bestand nicht.

Die Projektziele bei den Versicherungen waren jeweils unterschiedlich ausgeprägt. Im Fall von A sollten die verschiedenen Modelle näher zusammengeführt und Ansprechpartner der unterschiedlichen Domänen eingebunden werden. Bei B lag der Fokus auf der Optimierung von Prozessen, insbesondere durch Unterstützung mittels IT. Beim Versicherungsunternehmen C sollte die EAM-Methodik anhand konkreter Fragestellungen erprobt werden. Die Suche nach Verbesserungspotenzialen war dabei eine wichtige Motivation für die Etablierung der EAM-Konzepte.

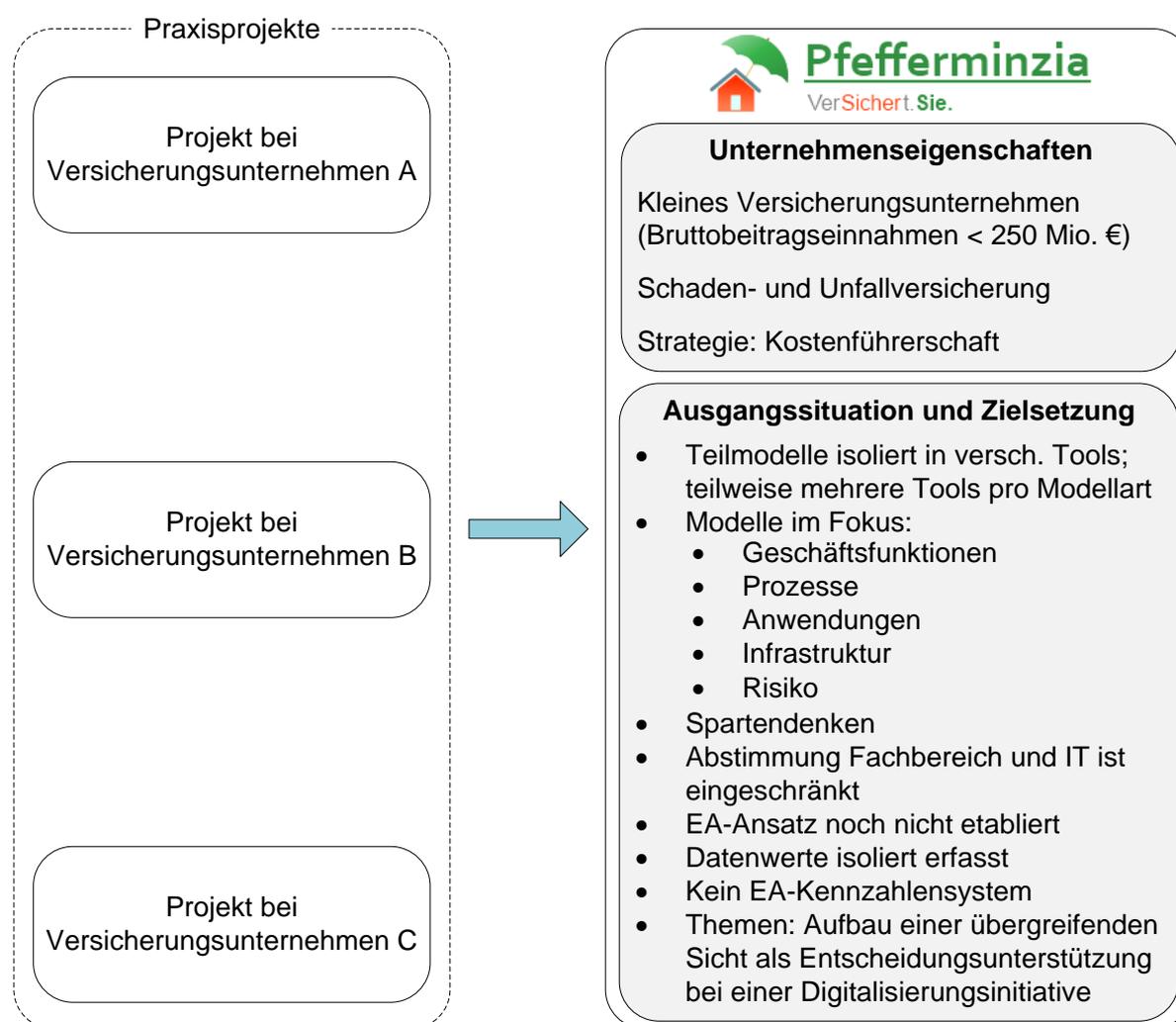
Trotz der unterschiedlichen Ziele auf Detailebene zeigte sich bei den Projekten als Gemeinsamkeit, dass stets eine übergreifende Sicht über verschiedene Unternehmensbereiche als Grundlage angestrebt wurde. Ausgehend davon sollten konkrete Aufgaben bearbeitet werden.

In den Projekten lag der Fokus noch nicht auf dem Aspekt der Digitalisierung, dessen interdisziplinäre Ausrichtung über die bisher in den Projekten angestrebte EA-Etablierung hinausgeht. Dennoch bietet sich die Synthese dieser drei Praxisprojekte und der vom Autor darin gemachten Erfahrungen als Grundlage für den vorliegenden Anwendungsfall an.

Für die Versicherungsbranche ist das Thema Digitalisierung aktuell relevant und wird in Zukunft noch stärker an Bedeutung zunehmen. Aus dem Grund wurde für den Anwendungsfall, abweichend von den skizzierten Praxisprojekten, ein Projektziel im Kontext der Digitalisierung gewählt. Im nachfolgenden Abschnitt wird näher auf die Ausgangssituation und Zielsetzung der Pfefferminzia Versicherung eingegangen.

## 9.2 Ausgangslage und Zielsetzung der Pfefferminzia Versicherung

Soeben wurden die zugrunde liegenden Praxisprojekte näher beschrieben. Daran anschließend wird nun die Situation der fiktiven Pfefferminzia Versicherung als Synthese der drei Projekte zusammenfassend beschrieben und punktuell angereichert. Dies stellt die Ausgangssituation für den Anwendungsfall in diesem Kapitel dar. Das Szenario ist zugleich in Abbildung 9.2 dargestellt. In diesem Abschnitt werden die einzelnen Aspekte weiter erläutert.



**Abbildung 9.2:** Ausgangssituation und Zielsetzung des Anwendungsfalls als Synthese mehrerer Praxisprojekte im EA-Kontext (Quelle: Eigene Darstellung)

Analog zu den Praxisprojekten ist die Pfefferminzia ebenfalls ein kleines Versicherungsunternehmen. Sie bedient die Sparten Kraftfahrt-, Unfall-, Sach-, Haftpflicht- und Rechtsschutzversicherung. Die Organisation der Pfefferminzia ist von einem vorherrschenden Spartendenken geprägt. Die Abläufe und Systeme sind weitgehend an Spartengrenzen orientiert und nicht übergreifend organisiert. Für die Dokumentation von Informationen und Modellen werden unterschiedliche Werkzeuge genutzt. Es werden sogar für eine Modellart (z. B. Prozessmodelle) mehrere Werkzeuge benutzt, in denen jedoch jeweils nur Teile dokumentiert sind. Daneben ist die Abstimmung von Fachbereichen und IT wenig ausgeprägt. Projektanträge werden in der Regel ohne übergreifende Abstimmung von einem Fachbereich bzw. von der IT eingereicht. Dies liegt auch darin begründet, dass ein EA-Ansatz noch nicht etabliert ist.

Bei der Pfefferminzia stehen verschiedene, allerdings isolierte, Inhalte und Modelle zur Verfügung. Hierzu zählen aus fachlicher Sicht eine Aufstellung von Geschäftsfunktionen sowie die Prozessmodelle. Aus IT-Sicht existieren verschiedene Dokumentationen über Anwendungen und über die technische Infrastruktur. Das Risikomanagement der Pfefferminzia pflegt darüber hinaus eine Risikoübersicht. Aus allgemeiner Sicht existieren Informationen über die Sparten und zu den Kommunikations- bzw. Vertriebskanälen der Pfefferminzia. Ebenso liegen Messwerte und Datenmaterial vor, unter anderem zu Prozesszeiten, Personal und Sachkosten aus den Fachbereichen und der IT. Zugleich sind die Ergebnisse durchgeführter Kundenumfragen dokumentiert. Innerhalb der IT werden zudem verschiedene statistische Werte zu den Systemen erhoben.

Da es noch kein etabliertes EA-Vorgehen gibt, existiert auch kein übergreifend orientierter Ansatz zur Auswertung und Analyse auf Basis von Kennzahlen.

Vor diesem Hintergrund möchte die Pfefferminzia das Thema Digitalisierung stärker verfolgen, zur Sicherstellung der Wettbewerbsposition. Allerdings hat die Pfefferminzia noch kein konkretes Bild von den dringlichsten Schritten, die zuerst getätigt werden sollten, um einen ersten signifikanten Meilenstein bei der Digitalisierung zu erreichen.

Die Ergebnisse der Studie in [Mue+15] verdeutlichen, dass dies realitätsnah ist und in der Versicherungswirtschaft weltweit keine Seltenheit ist. Vielen Versicherern ist es demnach unklar, wie eine konkrete Handlungsfolge für ihre angestrebten Digitalisierungsvorhaben ausgestaltet sein sollte.[Siehe Mue+15, S. 2]

Auch die Studienergebnisse in [Siehe Aus16, S. 78-79] belegen, dass sich verschiedene Aspekte der Digitalisierung erst noch in einer Planungsphase oder davor befinden.

Wie in der Studie in [Mue+15] erhoben wurde, entwickelt sich auf dem deutschen Markt die Nachfrage der Versicherungsnehmer nach digitalen Zugangskanälen im weltweiten Vergleich noch langsam. Dennoch muss sich die Branche rechtzeitig auf den zukünftigen Trend vorbereiten.[Siehe Mue+15, S. 2] Analog zu diesen Erkenntnissen, plant auch die Pfefferminzia Versicherung ihre Digitalisierungsinitiative zu starten.

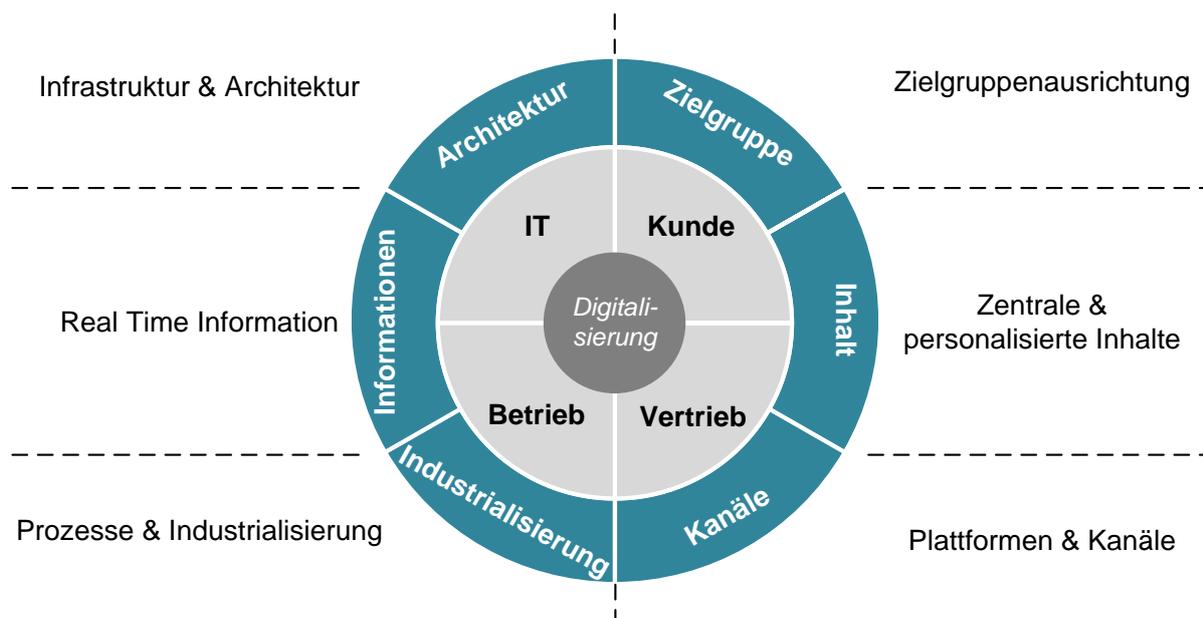
Allgemein verbreitet ist die Einschätzung, dass Digitalisierung kein Thema eines einzelnen Bereiches ist (z. B. der IT), sondern das Unternehmen als Ganzes betrifft und alle Bereiche einschließt. In [Siehe Mue+15, S. 2-3] werden hierzu sechs Dimensionen betrachtet: Kunde, Kanäle, Abläufe, Analysen, Technologie und Innovation.

Andere Differenzierungen sind gleichermaßen denkbar, wie etwa die Strukturierung nach dem „PPI-Digitalisierungsrad“ [Siehe PPI18b] der PPI AG, skizziert in Abbildung 9.3. Das Rad blickt ebenfalls auf eine Digitalisierungsinitiative mittels verschiedener Perspektiven: Organisation (innerste Schicht: von Kunde bis IT), Prozesse (mittlere Schicht: von Zielgruppe bis Architektur) und Funktionen (äußere Schicht) [Siehe PPI18b].

Digitalisierung als Vorhaben ist zunächst vergleichsweise unkonkret. Es lassen sich daraus keine unmittelbaren Leitlinien schließen, insbesondere für die Vielzahl an betroffenen Dimensionen bzw. Schichten, wie sie eben benannt wurden.

Am Anfang der Digitalisierungsinitiative der Pfefferminzia ist daher eine zugrunde liegende Strategie zu wählen, wie etwa [Siehe Kre15, S. 2] und [Siehe Mue+15, S. 3-4] bestätigen. Diese Digitalisierungsstrategie wiederum ordnet sich unterhalb der Unternehmensstrategie ein. Die Pfefferminzia verfolgt hierbei die Strategie der Kostenführerschaft, wie sie etwa in [Siehe Por08, S. 72 ff.] beschrieben ist.

Diesbezüglich beschreiben *Führer* und *Grimmer* [FG09], wie sich diese allgemeine Wettbewerbsstrategie für eine Versicherung konkretisieren lässt. Hierzu zählt demnach der Direktvertrieb von Produkten, bei dem die Kunden möglichst selbst direkt den Vertrag abschließen. Es



**Abbildung 9.3:** Strukturierung von Digitalisierungsvorhaben durch das „PPI-Digitalisierungsrad“ der PPI AG (Quelle: Nach [PPI18b])

wird dann hierbei keine Vertriebsperson kontaktiert, was somit Ressourcen einspart. Ebenso zählt nach ihren Ausführungen dazu, Prozesse zu automatisieren und mit Partnern zu kooperieren (z. B. Übernahme von Vertriebstätigkeiten, Outsourcing von Prozessen), um ebenfalls Kosten zu sparen.[Zu diesem Absatz siehe FG09, S. 292-293]

Dies korrespondiert mit der strategischen Ausrichtung „Effective operator“ [Mue+15, S. 4] bezüglich der Realisierung eines Digitalisierungsvorhabens, wie sie in *Mueller, Naujoks, Singh, Schwarz, Schwedel* und *Thomson* [Mue+15] formuliert wird. Kennzeichnend ist demnach, dass durchgehende Abläufe mit möglichst wenig Medienbrüchen angestrebt werden, wobei sich dieses nicht negativ auf die Kundeninteraktion auswirken sollte. Des Weiteren sollen Prozesse optimiert und weitgehend automatisiert sowie Aufwände und Kosten reduziert werden.[Siehe zu diesem Absatz Mue+15, S. 4-6]

Ausgehend von diesen Erläuterungen seien die Ziele der Pfefferminzia festgelegt. Sie strebt mit ihrer Digitalisierungsinitiative an, die Effizienz insgesamt zu steigern, Kosten zu reduzieren und die Kundenzufriedenheit zu verbessern. Der Aufbau einer übergreifenden Sicht über die bestehenden Informationen und Inhalte soll als Grundlage dienen. Darauf aufbauend sollen erste durchzuführende Handlungsmaßnahmen als Konkretisierung der gewählten Digitalisierungsstrategie abgeleitet werden. Die Analyse soll den Bedarf an Handlungen aufdecken und somit die ersten Schritte in Richtung der Digitalisierung aufzeigen sowie priorisieren.

Die Priorisierung ist auch deshalb relevant, da wie etwa in [Siehe FG09, S. 293] ausgeführt wird, die Implementierung von Maßnahmen zur Umsetzung einer strategischen Komponente, wie z. B. die Einführung eines Direktvertriebs, teils beachtliche Investitionen verursachen können. Auch die Pfefferminzia ist folglich daran interessiert, die Ressourcen (Geld, Mitarbeiter, Zeit, usw.) in jenen Bereichen zu investieren, wo der Bedarf am dringendsten ist und zuerst gehandelt werden sollte.

Nicht Gegenstand der Analyse sollen Untersuchungen sein, die sich auf Änderungen etwa des Geschäftsmodells, des kulturellen Wandels oder der Entwicklung konkreter Versicherungsprodukte beziehen. Diese Fragestellungen sind Gegenstand spezifischer Betrachtungen und Metho-

den (u. a. Change Management), die im Rahmen der angestrebten EA-Analyse nicht betrachtet werden. Zweifelsohne sind jedoch diese zusätzlichen Aspekte für begleitende Maßnahmen innerhalb der Initiative relevant, sodass sie an anderer Stelle mit geeigneter Systematik zu betrachten sind. So sollte, wie in [Siehe FG09, S. 292-294] ausführt wird, z. B. eine Beschränkung auf weitgehend standardisierte Produkte bei der Kostenführerschaft erfolgen.

### **9.3 Herangehensweise und Einschränkungen beim klassischen EA-Einsatz**

Es bieten sich der Pfefferminzia unterschiedliche Herangehensweisen, um die Analyse zur Ableitung des Handlungsbedarfs für die Umsetzung einer Digitalisierungsstrategie durchzuführen.

Eine erste Variante wäre die isolierte Nutzung der bestehenden Modelle und Inhalte. Allerdings fehlt eine Koordinierung der Modelle untereinander und Verknüpfungen dazwischen sind ebenfalls kaum vorhanden. Übergreifende Analysen wären daher nur schwer möglich und mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden. Auswertungen bezüglich einzelner Modelle würden jedoch lediglich Aussagen aus Sicht einer spezifischen Einzeldomäne liefern. Es würden dabei zumeist Methoden einer einzelnen Disziplin eingesetzt werden, wie z. B. aus dem Prozessmanagement (vgl. Abschnitt 3.2.1). Das übergreifende Zusammenspiel, was insbesondere für die Digitalisierung wichtig ist, kann in dem Fall nur schwer berücksichtigt werden.

Den Umstand der fehlenden, übergreifenden Sicht würde die Einführung eines klassischen EA-Ansatzes (vgl. Kapitel 2.1) beheben. Allerdings wurde bereits allgemein im Abschnitt 5.2.1 auf die Herausforderungen hingewiesen, die mit der Erstellung einer EA verbunden sind. Hierzu zählt unter anderem ein hoher, zu großen Teilen manueller Aufwand für die Etablierung und Befüllung der EA mit zusammenhängenden Inhalten. Ebenso beinhaltet eine solche EA in der Regel nur abstrahierte Informationen im Gegensatz zu den detaillierten Informationen in den bestehenden Domänenmodellen. Die EA würde damit ein neues Datensilo neben den Teilmodellen bilden, jedoch mit weniger detailreichen Möglichkeiten zur Analyse.

In Abschnitt 5.2.1 wurde darüber hinaus mit Verweis auf [Siehe LL14, S. 114-115] bereits der Einfluss des benötigten Aufwands zur EA-Etablierung auf die Akzeptanz eines EAM-Vorhabens betrachtet.

Dies kann auch aus der Praxis belegt werden. In einem vom Versicherungsunternehmen C zuvor selbst durchgeführten Vorgängerprojekts war dieser benötigte Aufwand ein Grund für das Scheitern des ursprünglichen Projektvorhabens. Kurz nach der Auswahl eines EA-Werkzeugs durch den IT-Bereich wurde die EA-Initiative in der Erprobungsphase weitgehend gestoppt. Der benötigte Aufwand war so groß, dass das Projekt zugunsten eines anderen IT-Projekts stark zurückgefahren wurde.

Auch bei der Pfefferminzia ist die Situation gegeben, dass noch kein EA-Ansatz etabliert ist und daher ein deutlicher Aufwand für die Etablierung erforderlich wäre. Ein Nutzen könnte jedoch kurzfristig nur eingeschränkt erbracht werden. Es bestünde das Risiko, dass sich der EA-Ansatz im Tagesgeschäft nicht beweisen könnte und schließlich zurückgefahren würde.

### **9.4 Anwendbarkeit des vorgestellten Vernetzungs- und Analyseansatzes**

Aufgrund der soeben beschriebenen Einschränkungen des klassischen EA-Einsatzes sei nachfolgend skizziert, wie der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz bei der Pfefferminzia angewendet

werden kann. Es wird angestrebt, den Aufwand zur Etablierung der Informationsbasis zu reduzieren und gleichzeitig bei der Analyse mehrere Perspektiven gemeinsam einzubeziehen. Anstelle nur der einzelnen Sicht eines Bereiches. Hierzu sollen die bereits existierenden, detaillierten Informationen aus den Modellen verwendet werden.

Wie in Abschnitt 9.2 ausgeführt, wird Digitalisierung oftmals aus verschiedenen Perspektiven bzw. Dimensionen betrachtet. Das vorgestellte „PPI-Digitalisierungsrad“ [PPI18b] ist dabei eine mögliche Strukturierung. Eine solche Multidimensionalität wird vom vorgestellten Vernetzungs- und Analyseansatz unterstützt, wie in Abschnitt 7.1 im Rahmen der Einordnung des Ansatzes erläutert wurde. Es können Informationen aus verschiedenen Quellen kombiniert und vernetzt werden sowie mittels Kennzahlen übergreifend ausgewertet werden.

Mit den Kennzahlen kann die Pfefferminzia auf Basis der zu betrachtenden Dimensionen spezifische Teilziele formulieren, anhand derer die Untersuchungsobjekte bewertet werden. Je nach Bedeutung kann die Pfefferminzia diese Kennzahlen und die zusammenfassenden Kategorien individuell gewichten.

Erst durch die Formulierung konkreter Teilziele für das Digitalisierungsvorhaben wird das Vorgehen operationalisierbar und gerichtet. Sonst wäre Digitalisierung zu wenig konkret und Handlungsmaßnahmen daher nicht unmittelbar ableitbar. Die Kennzahlen helfen der Pfefferminzia somit bei der Definition von Leitlinien für ihre Digitalisierungsstrategie, die sich wiederum aus der gewählten Wettbewerbsstrategie Kostenführerschaft (siehe Abschnitt 9.2) ergibt.

Wobei sich die Pfefferminzia bewusst jene Dimensionen herausuchen sollte, für die anhand der Quellen und Kennzahlen ein möglicher Handlungsbedarf untersucht werden soll. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass einige Fragestellungen außerhalb des Analyseverfahrens zu betrachten sind, wie z. B. die jeweiligen Geschäftsmodelle (vgl. Abschnitt 9.2).

Die Bewertung der Untersuchungsobjekte liefert der Pfefferminzia eine priorisierte Liste relevanter Gebiete, jeweils mit einer Einschätzung über die Notwendigkeit eines möglichen Handlungsbedarfs (vgl. Abschnitt 7.5.4). Daran können sich gezielt weitere Detailuntersuchungen anschließen. Damit ist es der Pfefferminzia möglich, ihre knappen Ressourcen (Geld, Zeit, usw.) gezielt einzusetzen.

Als Elemente für die indirekte Vernetzung (vgl. Abschnitt 5.7.2) und gleichzeitig als Untersuchungsobjekte (vgl. Abschnitt 6.5.1) können die bei der Pfefferminzia ohnehin verfügbaren Geschäftsfunktionen (vgl. Abschnitt 9.2) genutzt werden.

Für eine grundlegende Werkzeugunterstützung kann die Pfefferminzia auf den Prototyp „EAAP“ (siehe Abschnitt 8.3) zurückgreifen, in dem der Vernetzungs- und Analyseansatz realisiert ist. Die wesentlichen Teilmodelle, z. B. Prozessmodelle, sind bei der Pfefferminzia überwiegend vorhanden.

## **9.5 Vorgehen des Vernetzungs- und Analyseansatzes beim Anwendungsfall**

Dieser Abschnitt beschreibt für den eingeführten Anwendungsfall, wie der Vernetzungs- und Analyseansatz angewendet werden kann. Es wird hierzu anhand der Teilschritte des Ansatzes das Vorgehen beim Anwendungsfall erläutert. Angefangen bei der Festlegung des EA-Vokabulars bis hin zur Berechnung und Interpretation der Ratingergebnisse. Dabei liegt stets das skizzierte Szenario der Pfefferminzia Versicherung zugrunde.

### 9.5.1 Gestaltung des EA-Vokabulars

Wie in der Ausgangssituation beschrieben, verfügt die Pfefferminzia noch nicht über einen etablierten EA-Ansatz und daher auch noch nicht über ein entsprechendes EA-Metamodell (siehe Abschnitt 9.2). In der Anfangsphase möchte die Pfefferminzia den benötigten Aufwand für die Erstellung eines EA-Metamodells (vgl. Abschnitt 5.2.1) und für die unternehmensweite Verbreitung reduzieren. Daher wird wie im vorliegenden Ansatz beschrieben, ein einfaches EA-Vokabular als gemeinsame Sprachbasis genutzt (siehe Abschnitt 5.9.1). Das EA-Vokabular kann dann bei zunehmendem Reifegrad der EA-Initiative im Zeitverlauf erweitert werden.

Die Abstimmung der Begriffe erfolgt bei der Pfefferminzia durch die Betriebsorganisation. Diese Unternehmenseinheit ist in Versicherungsunternehmen etabliert [Vgl. Far11, S. 641-642; und vgl. Wag11, S. 105-106]. Sie kümmert sich aktuell um die Abläufe und den Aufbau der Pfefferminzia. Gleichzeitig hat sie die notwendigen Kompetenzen, um Leitlinien und Vorgaben übergreifend vorzuschlagen. Die Betriebsorganisation kann daher im vorliegenden Fall eine Beratungs- und Koordinationsrolle übernehmen.

Zudem werden an der Erstellung diejenigen Unternehmensbereiche beteiligt, die Informationen für den gemeinsamen Datenbestand liefern. Hierzu zählen unter anderem Vertreter der fachlichen Abteilungen, der IT und des Risikomanagements.

Der EA-Ansatz sieht eine Dokumentation des Vokabulars als SKOS-Repräsentation vor. Die Pfefferminzia verwendet hierfür den Open-Source-Editor *TemaTres* [Siehe Fer18], um die Vokabularbegriffe zu erfassen.

Die Begriffssammlung der Pfefferminzia ist ausgehend von mehreren Oberkategorien (u. a. Geschäftsarchitektur, Anwendungsarchitektur) hierarchisch gegliedert. Eine spezielle Kategorie („Datenwerte“) umfasst die relevanten Datenwertkonzepte, welche im Rahmen der Analysen zur Verfügung stehen sollen. Für die Angabe der Einheit zu einem Datenwertkonzept wird ein Verweis auf eine konkrete DBpedia-Ressource verwendet (siehe Abschnitt 5.9.1.1). Ein Beispiel dafür ist der Verweis des Datenwertkonzepts „IT-Sachkosten“ auf die Einheit „Euro“ (DBpedia-Ressource <http://dbpedia.org/resource/Euro>).

Auf diese Weise entsteht eine erste Fassung des EA-Vokabulars. Abbildung 9.4 zeigt die Begriffssammlung der Pfefferminzia in Form einer Mindmap-Struktur. Darin sind auch die Beziehungen von über- bzw. untergeordneten Begriffen direkt ersichtlich. In kursiver Schrift sind dabei die Oberkonzepte der einzelnen Hierarchien dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt in dieser Abbildung keine Darstellung von Querbezügen zu Konzepten anderer „Zweige“ oder von Verweisen auf Einheiten. Der Umfang der Begriffssammlung richtet sich dabei nach den Bedürfnissen der Pfefferminzia für die Vernetzung und Analyse der im Unternehmen vorhandenen Daten.

Im Anhang I.1 ist ein Ausschnitt des zugrunde liegenden EA-Vokabulars der Pfefferminzia in SKOS als XML-Repräsentation angefügt. Der Ausschnitt ist für eine bessere Nachvollziehbarkeit auf die in Abbildung 9.4 hervorgehobenen Inhalte (dunkler Hintergrund) begrenzt. Er verdeutlicht damit die SKOS-Konstrukte zur internen Referenzierung der Konzepte, die hierarchische Struktur sowie den Bezug auf DBpedia-Ressourcen bei Datenwerteinheiten (beim Konzept „IT-Sachkosten“).

Dieses EA-Vokabular verwendet die Pfefferminzia als gemeinsame Sprachbasis zur Integration der verschiedenen Informationsquellen und zum Zugriff auf die daraus entstehende, integrierte Datenbasis. Aus diesem Input kann automatisiert das angereicherte Vokabular erstellt werden, welches in die integrierte Datenbasis eingeht (vgl. Abschnitt 5.9.1.2). Ziele dabei sind, die Integration und die maschinengestützte Verarbeitbarkeit zu verbessern.

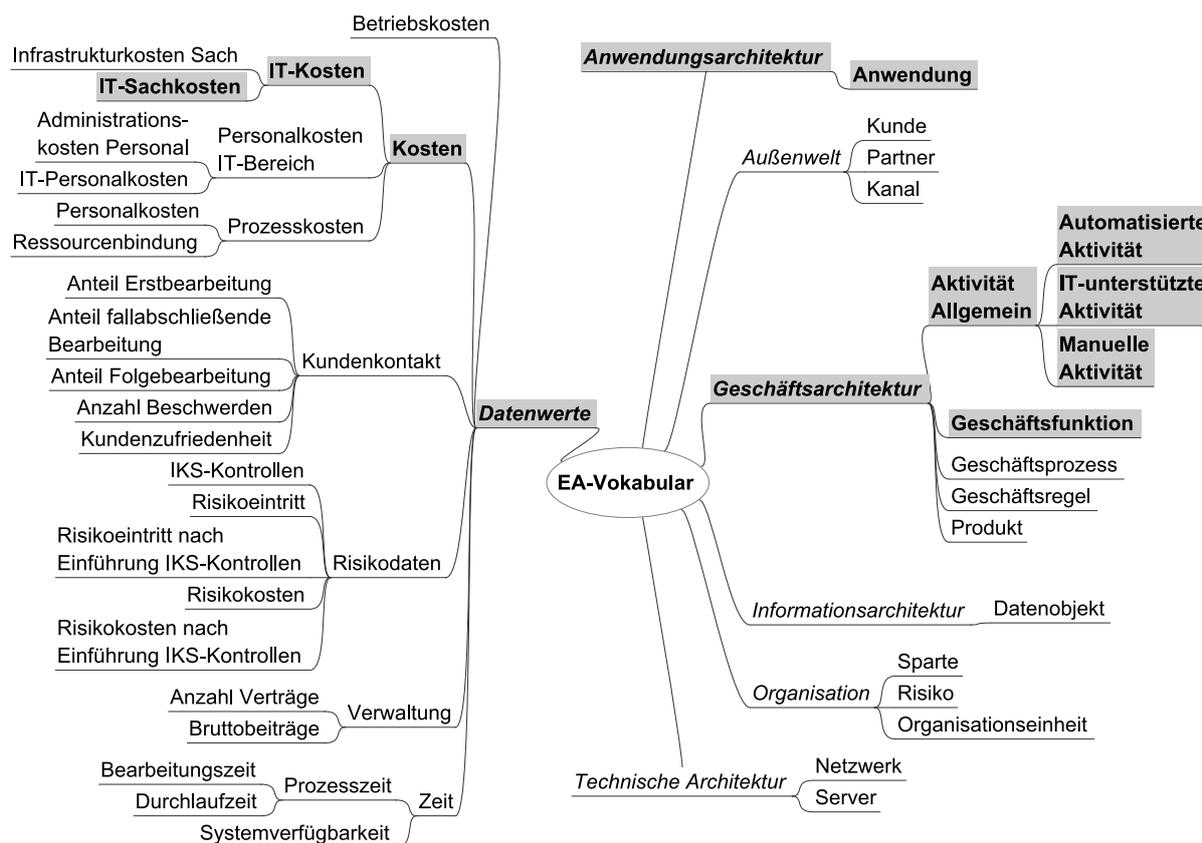


Abbildung 9.4: EA-Vokabular der Pfefferminzia als Mindmap (Quelle: Eigene Darstellung)

### 9.5.2 Festlegung der Zuordnungselemente und Überführung in RDF

Als weiterer zentraler Baustein des Ansatzes wird von der Pfefferminzia eine Menge von Zuordnungselementen vorgegeben (vgl. Abschnitt 5.7.2). Die Pfefferminzia verfügt bereits aus einem früheren Projekt über eine Sammlung von Geschäftsfunktionen, welche als Zuordnungselemente geeignet sind (vgl. Abschnitt 5.8.1). Diese sollen somit für die indirekte Vernetzung und für die Analyse hinsichtlich des Handlungsbedarfs bei der Umsetzung des Digitalisierungsvorhabens verwendet werden. Folglich werden die Elemente für die Zuordnungsinstanzen und die Untersuchungsobjekte von der Pfefferminzia identisch gewählt.

Wie in Abschnitt 5.8.1 als Möglichkeit aufgezeigt, nutzt auch die Pfefferminzia eine hierarchische Einordnung der Geschäftsfunktionen. In Tabelle 9.1 ist dargestellt, wie bei der Pfefferminzia die Geschäftsfunktionen (Ebene 2) zu einer übergeordneten Ebene von Funktionsgruppen (Ebene 1) zusammenfasst sind.

Die Sammlung der Geschäftsfunktionen ist bei der Pfefferminzia in einem Tabellenblatt (Microsoft Excel) abgelegt. Wie an den aufgelisteten Geschäftsfunktionen zu erkennen ist, decken sie alle wesentlichen Aspekte des Versicherungsbetriebs ab. Angefangen bei der obersten Gruppe, der Unternehmenssteuerung mit übergreifenden Managementaspekten. Es folgen Geschäftsfunktionen zu Marketing und Vertrieb, also Bereiche bezüglich des Verkaufs von Versicherungsprodukten an (potenzielle) Kunden. Daran anschließend folgen die für den Versicherungsbetrieb zentralen Geschäftsfunktionen des Bestandsmanagements sowie des Bereichs Schaden und Leistung. Außerdem enthält die Auflistung Funktionen bezüglich der Verwaltung der Kunden und (Geschäfts-)Partner der Pfefferminzia ebenso wie Funktionen zum Management des Produkt- und Leistungsportfolios. Schließlich gibt es eine Funktionsgruppe mit allgemeinen

Funktionen, die ebenfalls für den Betrieb der Versicherung relevant sind. Zusammengenommen ergeben die Funktionen die fachliche Sicht auf die Pfefferminzia.

**Tabelle 9.1:** Auflistung der Geschäftsfunktionen von der Pfefferminzia Versicherung

Index	Ebene 1: Funktionsgruppe	Index	Ebene 2: Geschäftsfunktion
1	Unternehmenssteuerung	1.1	Strategie
1	Unternehmenssteuerung	1.2	Risikomanagement
1	Unternehmenssteuerung	1.3	Rechnungswesen
1	Unternehmenssteuerung	1.4	Prozessmanagement
1	Unternehmenssteuerung	1.5	Personalmanagement
1	Unternehmenssteuerung	1.6	Rückversicherung
1	Unternehmenssteuerung	1.7	Kapitalanlagen
2	Marketing-Mix	2.1	Marketing
2	Marketing-Mix	2.2	Unternehmenskommunikation
3	Vertrieb	3.1	Multikanalmanagement
3	Vertrieb	3.2	Beratung/Verkauf
3	Vertrieb	3.3	Provision
4	Bestandsmanagement	4.1	Antragsmanagement
4	Bestandsmanagement	4.2	Risikoanalyse
4	Bestandsmanagement	4.3	Vertragsverwaltung
4	Bestandsmanagement	4.4	Führung und Beteiligung
5	Schaden und Leistung	5.1	Schaden-/Leistungsbearbeitung
5	Schaden und Leistung	5.2	Regressbearbeitung
5	Schaden und Leistung	5.3	Betrug
6	Kunden- und Partnermanagement	6.1	Kundenbeziehungsmanagement
6	Kunden- und Partnermanagement	6.2	Partnerbeziehungsmanagement
7	Sparten- und Produktmanagement	7.1	Spartenportfoliomanagement
7	Sparten- und Produktmanagement	7.2	Produktportfoliomanagement
7	Sparten- und Produktmanagement	7.3	Produktmanagement
8	Zentrale Dienste	8.1	Inkasso/Exkasso
8	Zentrale Dienste	8.2	Recht und Meldewesen
8	Zentrale Dienste	8.3	Eingang/Ausgang
8	Zentrale Dienste	8.4	Facility-Management
8	Zentrale Dienste	8.5	IT-Management
8	Zentrale Dienste	8.6	Wissensmanagement
8	Zentrale Dienste	8.7	Business Intelligence

Schließlich ist die Auflistung der Zuordnungselemente in eine RDF-Repräsentation zu überführen (siehe Abschnitt 5.8.4). RDF dient dabei als das gemeinsame Datenmodell für alle Informationsquellen. Um den Aufwand für die Erstellung und Pflege zu reduzieren, verwendet die Pfefferminzia eine toolgestützte Umsetzung.

Eingesetzt wird hierbei das Open-Source-Werkzeug *OpenRefine*<sup>1</sup> [Siehe Ope18], ergänzt um die RDF-Erweiterung *RDF Refine*<sup>2</sup> [Siehe MC14]. OpenRefine kann verschiedene Datenformate (u. a. Microsoft Excel oder CSV) importieren, bei Bedarf die Daten umfangreich anpassen und schließlich in ein Zielformat exportieren [Siehe VD13]. Mit der RDF-Erweiterung kann eine Struktur als Schablone vorgegeben werden, mittels der die geladenen Daten in eine RDF-Repräsentation überführt werden [Siehe MCP11; Siehe MC14]. Es kann an dieser Stelle keine

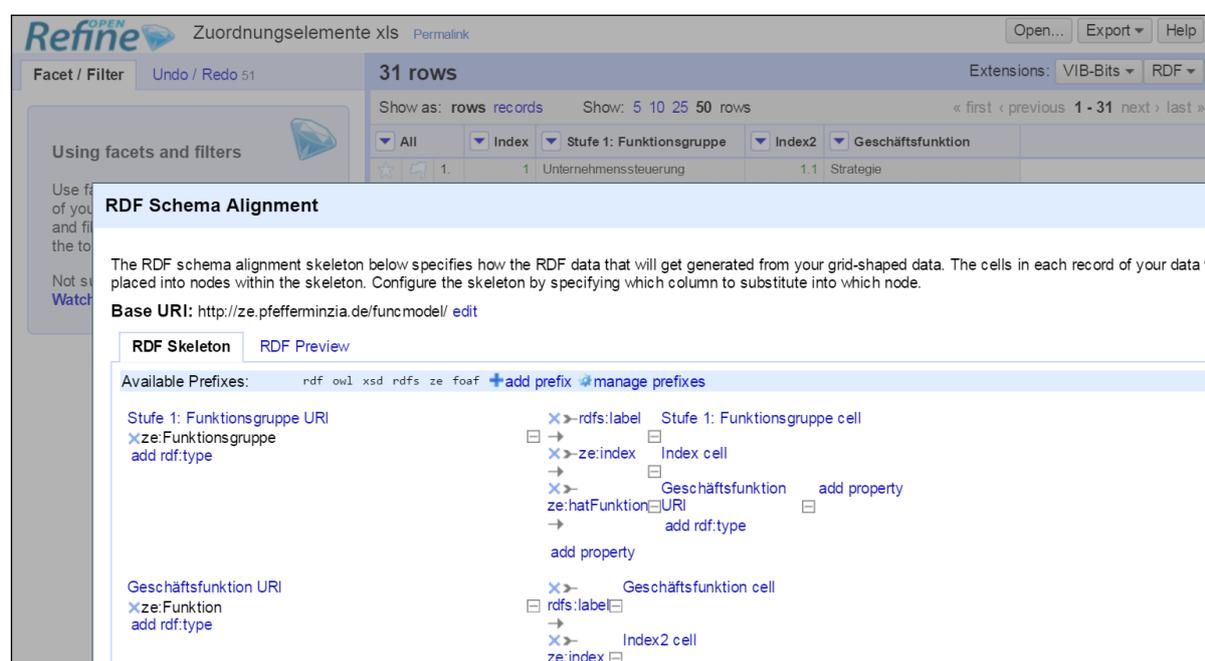
<sup>1</sup>Es wird die Version OpenRefine 2.6 eingesetzt.

<sup>2</sup>Es wird die Version RDF Refine 0.9 eingesetzt.

umfassende Einführung in die beiden Komponenten gegeben werden, daher sei auf die verfügbare Dokumentation verwiesen, z. B. [Vgl. VD13] für OpenRefine sowie [Vgl. MCP11] und [Vgl. MC14] für die RDF-Erweiterung.

Die RDF-Erweiterung erfordert eine Einarbeitung in die Bedienung sowie ein Grundverständnis der RDF-Konzepte (z. B. URIs, Aufbau von Aussagen). Vorteilhaft ist dabei, dass die Beschreibung der Transformationsschritte zur Erzeugung der RDF-Repräsentationen aus den ursprünglichen Inhalten nur einmalig pro Quelle erfolgen muss. Ändern sich lediglich die einzelnen Inhalte, dann können die Transformationsschritte gleichartig wiederholt werden, um eine aktualisierte RDF-Repräsentation mit den neuen Inhalten zu erzeugen.

Abbildung 9.5 zeigt einen Screenshot des von der Pfefferminzia verwendeten Werkzeugs OpenRefine und der darin beschriebenen Übertragung der Tabelle mit den Geschäftsfunktionen in eine RDF-Struktur. Nachfolgend wird diese Schablone erläutert.



**Abbildung 9.5:** Screenshot von OpenRefine und der RDF-Erweiterung mit der Beschreibung der RDF-Struktur für die importierte Liste der Zuordnungselemente (Quelle: Screenshot der RDF-Erweiterung (Version 0.9) in OpenRefine (Version 2.6) mit dem Pfefferminzia-Beispiel)

Zunächst werden für die beiden Konzepte „Funktionsgruppe“ und „Geschäftsfunktion“ eigene Ressourcen angelegt. Auch für die konkreten Ausprägungen dieser beiden Konzepte werden jeweils RDF-Ressourcen mit individuellen URIs (vgl. Abschnitt 4.3.1) eingeführt. Sie sind vom Typ des jeweiligen Konzepts. Es ist darauf zu achten, dass die URIs eindeutig sind, also auch im Falle einer Namensgleichheit stets ein eindeutiger URI gewählt wird. Für die Pfefferminzia ist dies so gelöst, dass ein vorangestelltes Kürzel den Typ angibt („fg“ für „Funktionsgruppe“ oder „gf“ für „Geschäftsfunktion“). Aus Gründen der Wiedererkennung ist der jeweilige Index des Elements als Zusatz am Ende angefügt. Damit ist für jede Ressource sichergestellt, dass der URI eindeutig ist.

Für die Elemente in der RDF-Repräsentation der Zuordnungselemente wird als spezifischer Namensraum für diese Quelle `http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/`<sup>3</sup> gewählt. Ana-

<sup>3</sup>Die Domain „pfefferminziaV.de“ dient in der Arbeit nur als Beispiel und steht in keiner Verbindung zu einer real existierenden Domain.

log wird ein eigener XML-Namespace „ze“ mit dem Wert `http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/` eingefügt, zu welchem individuelle Prädikate zugeordnet werden können. Das ist erforderlich, da die Pfefferminzia nicht für alle Informationen auf vorhandene Ontologien zurückgreifen möchte.

Somit ergeben sich als Beispiel für die Funktionsgruppe „Unternehmenssteuerung“ der URI `http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/fgunternehmenssteuerung1` und für die darunter eingeordnete Geschäftsfunktion „Strategie“ der URI `http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/gfstrategie11`. Die Bezeichnungen in Klartext können der Tabelle 9.1 entnommen werden und den Ressourcen mittels des Standardprädikats `rdfs:label` als Objekt (Literal) zugeordnet werden. Der Index ist hingegen mit dem individuellen Prädikat `ze:index` den Ressourcen als Objekt (Literal) zugeordnet. Mit dem Prädikat `ze:hatFunktion` wird an den Funktionsgruppen dokumentiert, welche Geschäftsfunktionen (Angabe durch URI) jeweils zu einer Gruppe gehören.

In Listing 9.1 ist ein Auszug aus dem resultierenden XML-Dokument dargestellt, welches die RDF-Repräsentation beinhaltet:

**Listing 9.1:** Auszug der RDF-Repräsentation der Zuordnungselemente im XML-Format

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
5   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
6   ...
7   xmlns:ze="http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/">
8
9   <rdf:Description rdf:about="http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/fgunternehmenssteuerung1">
10     <rdf:type rdf:resource="http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/Funktionsgruppe"/>
11     <rdfs:label>Unternehmenssteuerung</rdfs:label>
12     <ze:index>1</ze:index>
13     <ze:hatFunktion rdf:resource="http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/gfstrategie11"/>
14     ...
15   </rdf:Description>
16   <rdf:Description rdf:about="http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/gfstrategie11">
17     <rdf:type rdf:resource="http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/Funktion"/>
18     <rdfs:label>Strategie</rdfs:label>
19     <ze:index>1.1</ze:index>
20   </rdf:Description>
21   ...
22 </rdf:RDF>

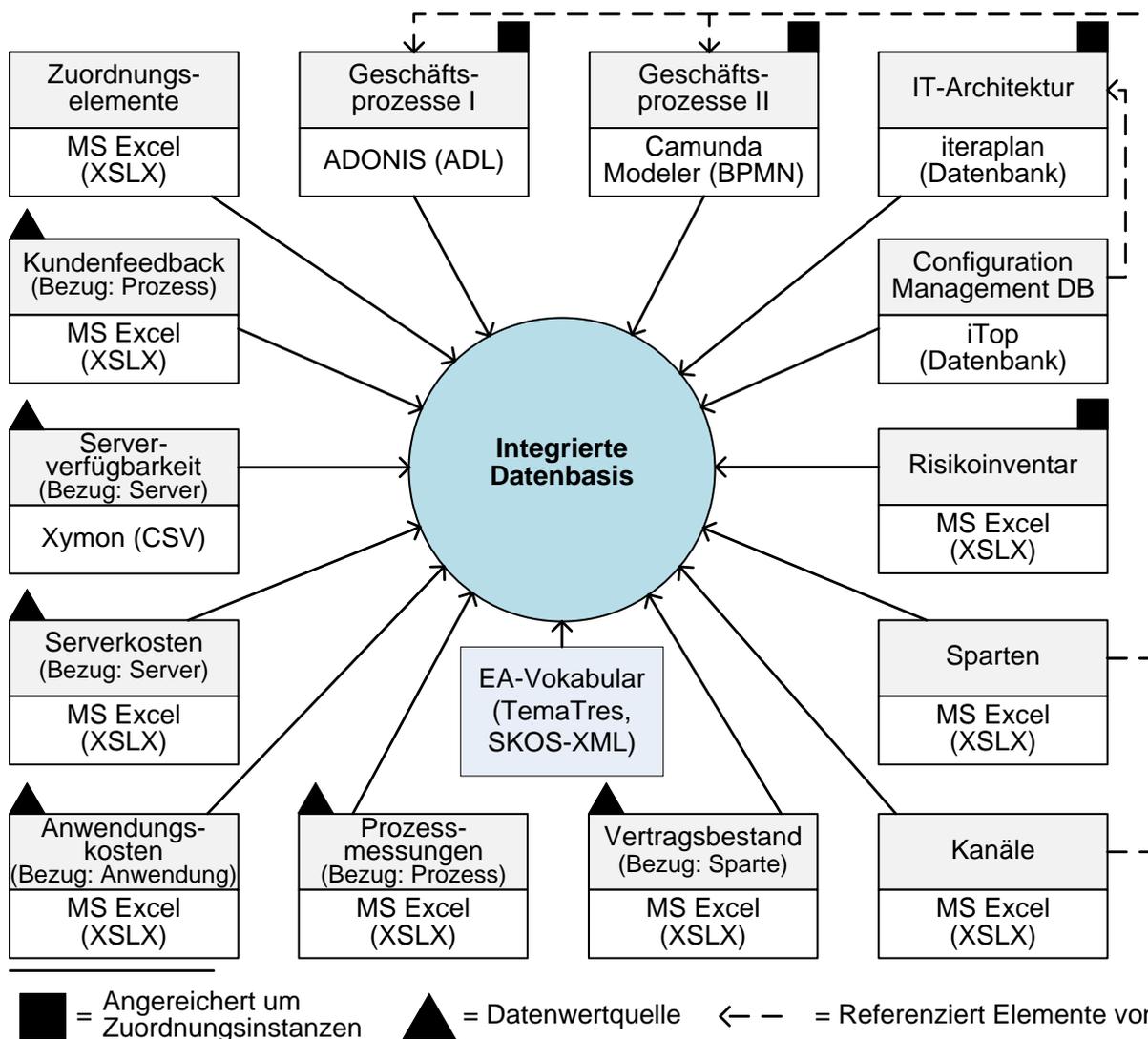
```

Die Überführung der Informationen in eine entsprechende RDF-Repräsentation ist somit mit geringem Aufwand möglich. Die RDF-Daten können dann im EAAP-Prototyp eingebunden werden.

### 9.5.3 Überführung der Teilmodelle in RDF-Repräsentationen

Neben der Überführung der Zuordnungselemente in eine eigene RDF-Repräsentation sind diese Elemente auch in die Teilmodelle zu übernehmen, um die indirekte Vernetzung zu ermöglichen (vgl. Abschnitt 5.8.2). Dies ist im Fall der Pfefferminzia erforderlich, da sonst für die vorliegenden Informationen keine hinreichende Vernetzung gewährleistet sein würde. Dieser Abschnitt erläutert diesen Schritt für die relevanten Teilmodelle der Pfefferminzia. Anschließend sind die angereicherten Teilmodelle jeweils in eine RDF-Repräsentation zu überführen.

Die Abbildung 9.6 stellt die relevanten Datenquellen der Pfefferminzia für den Anwendungsfall dar, welche in die integrierte Datenbasis eingehen sollen. Auf das EA-Vokabular und die Zuordnungselemente, sowie deren Überführung in RDF-Repräsentationen wurde zuvor schon eingegangen. Nachfolgend wird daher der Umgang mit den weiteren Datenquellen beschrieben. In der Abbildung ist jeweils bei einer Datenquelle angegeben, in welcher Anwendung die Inhalte bei der Pfefferminzia dokumentiert sind und in welchem Format sie vorliegen. Daneben kennzeichnet das gefüllte Quadrat jene Quellen, in denen vorab die Zuordnungsinstanzen einzufügen sind.



**Abbildung 9.6:** Darstellung der relevanten Datenquellen der Pfefferminzia als Ausgangspunkte für die integrierte Datenbasis (Quelle: Eigene Darstellung)

Die gefüllten Dreiecke kennzeichnen in der Abbildung 9.6 Datenwertquellen, wie z. B. für Kosten oder Zeiten. Diese Unterscheidung erfolgt aufgrund der erwähnten, besonderen Rolle solcher Datenwertquellen im vorliegenden Ansatz (vgl. Abschnitt 5.8.3). Die Datenwerte (z. B. Bearbeitungszeit) sind dabei direkt den spezifischen Elementen (z. B. Geschäftsprozess) zugeordnet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in der Abbildung 9.6 auf eine explizite grafische Darstellung der Beziehungen von Datenwertquellen zu anderen Quellen verzichtet. Stattdessen ist das jeweils referenzierte Konzept angegeben. Einzig für Datenquellen, die keine

Datenwertquellen sind, aber einen direkten Bezug zu einer anderen Quelle ohne die Indirektstufe der Zuordnungsinstanzen haben, sind die Beziehungen grafisch dargestellt (z. B. Sparten).

Die Geschäftsprozesse werden bei der Pfefferminzia in zwei verschiedenen Systemen dokumentiert. Ältere Prozessmodelle sind in der Anwendung ADONIS [Siehe BOC18] modelliert. Dabei nutzt die Pfefferminzia die ADONIS-eigene Prozessnotation und exportiert Prozessmodelle im proprietären ADL-Format (ADONIS Definition Language [Siehe BOC12]), welches einer strukturierten Textdatei entspricht.

Die Pfefferminzia erfasst die Zuordnungselemente in ADONIS als Use-Case-Elemente in einem gesonderten Modell (Use case diagram). Damit kann einer Aktivität in einem Prozessmodell die zugehörige Zuordnungsinstanz in den Eigenschaften mittels Referenz zugeordnet werden. Bestehende Modelle werden dadurch lediglich durch zusätzliche Angaben in den Eigenschaften ergänzt, wobei die Information im Modell nicht sichtbar ist. In Anhang I.2 ist als Beispiel der in ADONIS modellierte Geschäftsprozess „Rückversicherung abschließen“ angefügt. Er beschreibt den Ablauf, ob und wie zu einer abgeschlossenen Versicherung eine Rückversicherung bei einem Rückversicherer abzuschließen ist.

Neue und deutlich überarbeitete Geschäftsprozessmodelle werden bei der Pfefferminzia im System *Camunda Modeler* [Siehe Cam18a] modelliert. Das Werkzeug unterstützt den Standard BPMN 2.0 als Notation [Siehe Cam18a; ergänzend siehe OMG13; und siehe Sil12a]. Zudem erstellt es automatisch XML-Dateien konform zum BPMN-Standard.

Die Pfefferminzia übernimmt für die Dokumentation der Zuordnungsinstanzen in den BPMN-Prozessmodellen den Vorschlag aus Abschnitt 5.8.2. Die Zuordnungsinstanzen werden dabei in Form von einzelnen Lanes dargestellt. Alle in einer Lane befindlichen Tasks werden der jeweiligen Zuordnungsinstanz zugeordnet. Der Aufwand für die Pfefferminzia zur Einbettung der (üblicherweise weitgehend stabilen) Zuordnungsinstanzen beschränkt sich somit auf die Ergänzung einer zusätzlichen Ebene von Lanes. Dadurch ist diese Zuordnungsinformation sogar grafisch im Modell enthalten. In Anhang I.3 ist als Beispiel der Prozess „K-Vertragsdaten ändern“ angefügt, der die Anpassung eines Kfz-Versicherungsvertrags beschreibt. Im Prozess sind fünf Zuordnungsinstanzen (u. a. Vertragsverwaltung) enthalten.

Sowohl für die ADL-Dateien als auch für die BPMN-Dateien (XML) werden bei der Pfefferminzia entsprechende Konverter genutzt, um die Inhalte je Quelle in eine zusammengefasste RDF-Repräsentation zu überführen. Dazu werden die relevanten Inhalte aus den Dateien ausgelesen und in das Zielformat übernommen. Im Fall einer ADONIS-Prozessbeschreibung sind dies unter anderem die Prozesse, die Aktivitäten, die Art der Aktivitäten (manuell, teilautomatisiert, automatisiert) und die Zuordnungen zu den Zuordnungsinstanzen. Die als Basis verwendeten RDFS-Klassen sind durch die Pfefferminzia definiert worden.

Anhang I.4 zeigt einen Ausschnitt der resultierenden RDF-Repräsentation für die ADONIS-Prozessmodelle. Der Ausschnitt bezieht sich auf das in Anhang I.2 dargestellte Prozessmodell „Rückversicherung abschließen“.

Zwei Datenquellen der Pfefferminzia für den IT-Kontext sind das Werkzeug *iteraplan* [Siehe Ite17] und das Anwendungssystem *iTop* [Siehe ITO18], siehe Abbildung 9.6.

Iteraplan kann etwa für das strategische IT-Management eines Unternehmens eingesetzt werden [Siehe Han10]. Im Werkzeug dokumentiert der IT-Bereich der Pfefferminzia hauptsächlich die vorhandenen Anwendungen und ergänzende Informationen, also die Anwendungslandschaft. Die Pfefferminzia nutzt iteraplan nicht zur Dokumentation von anderen Konzepten, wie z. B. Geschäftsprozesse oder Infrastrukturelemente [Vgl. Ite16]. Hierzu haben sich bei der Pfefferminzia in den verschiedenen Bereichen bzw. Abteilungen die genannten, spezialisierten Werkzeuge etabliert, in denen detailliert die Konzepte und Informationen erfasst werden.

Die Pfefferminzia dokumentiert die Zuordnungsinstanzen in iteraplan mit dem verfügbaren Konzept „Fachliche Funktion“ (Business Function) [Vgl. Itel6], welches mit anderen Modellkonzepten verbunden werden kann [Siehe Han10, S. 78]. Dieses Konzept eignet sich hierzu, da es eine fachliche Beschreibung der Leistungen des Unternehmens liefert [Siehe Han10, S. 78] und somit weitgehend den Geschäftsfunktionen entspricht.

Die Zuordnungsinstanzen sind dazu initial in iteraplan einzupflegen. Anschließend können Verbindungen von den Anwendungen zu den jeweiligen „Fachlichen Funktionen“ hinzugefügt werden, welche durch die Anwendungen unterstützt werden. Ein Beispiel ist die Anwendung „Bestandsführungssystem“. Hierzu werden Verbindungen zu den drei Funktionen „Antragsmanagement“, „Vertragsverwaltung“ und „Rückversicherung“ dokumentiert.

Die Pfefferminzia nutzt das Anwendungssystem iTop für das Configuration Management [Vgl. SZ08, S. 62 ff.], um die Server und die Zuordnungen von Anwendungen zu diesen Servern sowie weitere IT-Infrastrukturelemente zu dokumentieren. Die Beziehungen bestehen direkt zwischen Anwendung und Server. Hierbei sind die Anwendungsnamen aus iteraplan übernommen und lauten somit in iTop gleich. Aus diesem Grund sind keine Zuordnungsinstanzen in iTop einzufügen.

Wie in Abbildung 9.6 ersichtlich, dokumentieren beide Werkzeuge ihre Informationen in Datenbanken. Zwar gibt es auch Exportfunktionen in den Werkzeugen, etwa in iteraplan [Vgl. Itel6], jedoch ermöglicht der Zugriff auf die Informationen in der Datenbank eine stärkere Automatisierung des Abrufs und der Weiterverarbeitung. Wie bereits in Abschnitt 4.4.5 erläutert, gibt es verschiedene Lösungen für die Umwandlung von Daten aus einer Datenbank in eine RDF-Repräsentation. Bei der Pfefferminzia kommt das Werkzeug *D2RQ* [Siehe BS04] zum Einsatz. Hierzu verwendet die Pfefferminzia für iteraplan und iTop jeweils ein Mapping-File, welches die aus der Datenbank ausgelesenen Daten in die gewünschte RDF-Repräsentation überführen kann.

Im Mapping-File können zudem z. B. fortgeschrittene Datenbankoperationen wie Joins verwendet und der Aufbau von URIs für die erzeugten Ressourcen definiert werden [Siehe BS04]. Anhang I.5 beinhaltet einen Ausschnitt des Mapping-Files für die iTop-Datenbank. Der Ausschnitt zeigt, wie Anwendungen und Server sowie ihre Verbindungen aus der Datenbank abgerufen und in RDF transformiert werden können. In Anhang I.6 ist ein Ausschnitt der daraus resultierenden RDF-Repräsentation angefügt. Darin ist die bereits genannte Anwendung „Bestandsführungssystem“ mit dem zugehörigen Server „VUSRVBESTAND“ enthalten. Für iteraplan ist dies vergleichbar möglich.

Zusätzlich zu den bereits genannten Quellen gehen noch weitere Quellen der Pfefferminzia in die integrierte Datenbasis ein, siehe Abbildung 9.6. Dazu zählen drei weitere Domänenmodelle (Risikoinventar, Sparten, Kanäle) und sechs Datenwertquellen mit Zahlen und Fakten. Diesen Quellen gleich ist, dass sie in Tabellenstrukturen (Microsoft Excel bzw. CSV-Datei) erfasst sind.

Im Risikomanagement ist die Pflege eines Risikoinventars üblich, welches die wesentlichen Risiken eines Unternehmens und deren Bewertungen auflistet sowie Aspekte zur Steuerung und Überwachung dieser Risiken dokumentiert [Siehe RBH07, S. 218 ff.]. Das Risikoinventar der Pfefferminzia beinhaltet eine Sammlung identifizierter Risiken, ergänzt um Informationen, wie etwa die geschätzte Eintrittswahrscheinlichkeit, die potenzielle Schadenshöhe und eventuell bereits definierte (interne) Kontrollen. Erfasst ist es bei der Pfefferminzia in Microsoft Excel. Wobei der Fokus auf dem operationellen Risiko liegt, für das sich die Definition in [Bas03] allgemein etabliert hat: „Operationelles Risiko ist die Gefahr von Verlusten, die in Folge der Unangemessenheit oder des Versagens von internen Verfahren, Menschen und Systemen oder in Folge externer Ereignisse eintreten.“ [Bas03, Teil 2, Kapitel V, Abschnitt A, Nummer 607

(S. 140)] Diese Risiken haben somit eine übergreifende Sicht. Daher ist bei der Pfefferminzia dokumentiert, welche Zuordnungsinstanzen von den Risiken potenziell betroffen sind. Die Zuordnungsinstanzen sind hierzu in der Excel-Tabelle mit ihrem Namen in einer zusätzlichen Spalte ergänzt worden, was eine geringe Anpassung darstellt.

In einer weiteren Excel-Datei ist den Sparten jeweils zugeordnet, welche Geschäftsprozesse für diese Sparten existieren. Die Pfefferminzia unterscheidet hierbei die Sparten „K“ (Kfz), „Unfall“, „Sach“, „Haftpflicht“ und „Rechtsschutz“. Ein Beispiel sind die verschiedenen Prozesse rund um die Wohngebäudeversicherung der Pfefferminzia. Eine Wohngebäudeversicherung versichert dabei gegen Risiken verschiedener Schäden an Gebäuden, die mehrheitlich zum Wohnen genutzt werden [Siehe FG09, S. 60-61]. Zu den Prozessen zählen unter anderem „Wohngebäude Neuvertrag“ zum Bearbeiten eines neuen Versicherungsvertrags oder „Wohngebäude Schaden/Leistung Bearbeitung“ zur Abwicklung eines gemeldeten Schadens. In der Excel-Datei sind diese Prozesse der Sparte „Sach“ zugeordnet. Zuordnungsinstanzen müssen nicht eingefügt werden, da jeweils der Prozess direkt angegeben ist.

Auch in der Excel-Datei mit den Informationen über die Vertriebskanäle sind keine Zuordnungsinstanzen einzufügen. Hier werden den Kanälen gleichermaßen die Prozesse direkt zugeordnet. Die Tabelle gibt darüber Auskunft, welche Prozesse (z. B. „Wohngebäude Schaden/Leistung Anlage“) über welche Kanäle (z. B. E-Mail, Internet, Post/Fax, Stationär, Telefon) erreichbar sind.

Die weiteren Quellen (siehe Abbildung 9.6) sind Datenwertquellen. Dazu zählen die folgenden Quellen, die in Tabellenform (Microsoft Excel bzw. CSV-Datei) dokumentiert sind:

**Vertragsbestand** Tabelle mit Informationen zu der Anzahl und den Bruttobeiträgen der aktuell im Bestand befindlichen Verträge für jede Sparte. Die Informationen werden direkt den konkreten Sparten über deren Namen zugeordnet.

**Prozessmessungen** Tabelle mit den Ergebnissen verschiedener Messreihen zu den Geschäftsprozessen der Pfefferminzia. Hierzu zählen die Aspekte Bearbeitungszeit, Durchlaufzeit, benötigte Mitarbeiterkapazitäten sowie der Anteil der fallabschließenden Bearbeitung (keine Folgebearbeitung durch andere Stellen innerhalb der Pfefferminzia). Die Werte werden direkt über den Prozessnamen einem bestimmten Prozess zugeordnet.

**Anwendungskosten** Tabellarische Erfassung der Sachkosten sowie der benötigten Mitarbeiterkapazitäten, welche für die Nutzung und Wartung der jeweiligen Anwendungen erforderlich sind. Der Anwendungsname wird dabei als Referenz genutzt.

**Serverkosten** Bei der Pfefferminzia existiert auch eine tabellarische Übersicht über anfallende Sachkosten und benötigte Mitarbeiterressourcen für Betrieb und Wartung von Servern. Erneut dient der Name als Angabe bei Bezügen.

**Serververfügbarkeit** Die Pfefferminzia nutzt das Werkzeug *Xymon* [Siehe Sto17] zur Überwachung ihrer wichtigen Server. Aus *Xymon* lassen sich zu jedem überwachten System (Referenz mittels Servername) verschiedene Statistiken in ein CSV-Format exportieren, unter anderem Werte für die Verfügbarkeit in Prozent.

**Kundenfeedback** Die Pfefferminzia dokumentiert die Ergebnisse von durchgeführten Kundenbefragungen und Angaben zu erfassten Kundenbeschwerden ebenfalls in einer Tabellenstruktur. Die Ergebnisse werden von der Pfefferminzia einem konkreten Prozess zugeordnet, soweit möglich. Der Bezug erfolgt hierbei über den Prozessnamen.

Die Umwandlung der Informationen aus diesen Quellen in RDF-Repräsentationen erfolgt bei der Pfefferminzia vergleichbar zur Umwandlung der Zuordnungselemente (siehe Abschnitt 9.5.2). Es wird ebenfalls das Werkzeug OpenRefine genutzt und pro Quelle eine Schablone beschrieben, wie die Umwandlung erfolgen soll. In Anhang I.7 ist ein Ausschnitt der resultierenden RDF-Repräsentation für die Xymon-Statistiken angefügt. Dort sind die Verfügbarkeitswerte für den Server „VUSRVBESTAND“ enthalten.

Diese Erläuterungen verdeutlichen die Komplexität und die Vielzahl der beteiligten Quellen und beschreiben zugleich, wie die Informationen bei der Pfefferminzia in das gemeinsame Datenmodell RDF überführt werden können.

#### 9.5.4 RDF-Repräsentationen in der Datenbasis zusammenführen

Nachdem zuvor die Informationen in RDF überführt worden sind, beschreibt dieser Abschnitt die Integration und Zusammenführung in der integrierten Datenbasis bei der Pfefferminzia. Das Vorgehen erfolgt dabei gemäß dem in dieser Arbeit beschriebenen Verfahren. Dazu sind die Datenquellen entsprechend einzubinden (vgl. Abschnitt 5.9.2) und mit dem EA-Vokabular zu verknüpfen (vgl. Abschnitt 5.9.3). Durch das Alignment wird erreicht, dass die Informationen unter der neutralen Begriffsebene des EA-Vokabulars eingeordnet werden. Zugleich ermöglichen die Zuordnungselemente die indirekte Vernetzung für diejenigen Quellen, bei denen keine direkten Verbindungen zu anderen Quellen vorliegen.

Das Einbinden der Quellen erfolgt bei der Pfefferminzia im EAAP-Prototyp (vgl. Abschnitt 8.3). Neben dem Vokabular und den Zuordnungselementen werden auch die zuvor erstellten RDF-Repräsentationen der Teilmodelle und Datenwertquellen eingebunden. Zudem wird das Konzept „Geschäftsfunktion“ aus dem EA-Vokabular (siehe Abschnitt 9.5.1) durch die Pfefferminzia als Konzept für die Zuordnungselemente festgelegt. Des Weiteren wird der Oberbegriff „Datenwerte“ aus dem Vokabular als Einstieg in die Hierarchie der Datenwertkonzepte bestimmt. Damit ist explizit benannt, welche beiden Vokabularkonzepte der Pfefferminzia diese besonderen Rollen einnehmen.

Anschließend sind die Mappings durch die Pfefferminzia im Prototyp festzulegen.

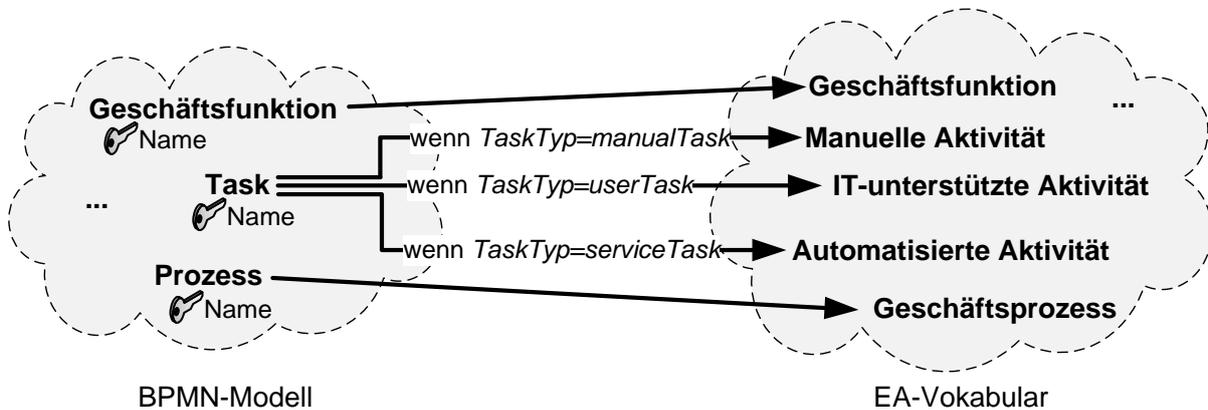
Als ein Beispiel für die definierten Mappings bei der Pfefferminzia wird nachfolgend auf die Verbindung von der BPMN-Quelle zum EA-Vokabular näher eingegangen. Die anderen Quellen sind vergleichbar realisiert.

Die Pfefferminzia startet hierbei mit einem minimalen Alignment zwischen dem BPMN-Kontext und dem EA-Vokabular, korrespondierend mit dem gewünschten Grad der Verbindung. In Anhang I.8 ist ein Screenshot angefügt, wie die Mappings grafisch im Prototyp definiert sind. In Anhang I.9 ist die Detailansicht eines konkreten Mappings angefügt, wo eine Restriktion (vgl. Abschnitt 5.9.3.3) für das gegebene Mapping definiert wird.

In Abbildung 9.7 ist das minimale Set an Mappings schematisch dargestellt. Für die indirekte Vernetzung ist das Mapping der Konzepte erforderlich, die jeweils für die Zuordnungselemente stehen. Im vorliegenden Fall sind dies die gleichnamigen Elemente „Geschäftsfunktion“ in beiden Konzeptmengen. Daher werden diese beiden Konzepte aufeinander abgebildet. Das Namensfeld einer Geschäftsfunktion in den BPMN-Quelldaten entspricht dabei dem Schlüsselwert. Darüber kann später eine Identifikation bei der indirekten Vernetzung erfolgen.

Das allgemeine Konzept „Task“ in der BPMN-Quelle soll auf drei spezifischere Konzepte im Vokabular der Pfefferminzia abgebildet werden. Der Grund für diese Aufteilung liegt darin, dass die Pfefferminzia durch den Fokus auf Digitalisierung (siehe Abschnitt 9.2) zwischen manuellen Aktivitäten und teil- bzw. vollautomatisierten Tätigkeiten unterscheiden will. Aus diesem Grund

ist jeweils eine entsprechende Restriktion an den drei einzelnen Mappings hinterlegt. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, erfolgt eine Entsprechung auf Instanzebene. Wie in Abbildung 9.7 zu sehen ist, legt die Pfefferminzia die Typen der Task-Elemente als Prüfkriterien fest (manualTask, userTask, serviceTask). Auch bei Task-Elementen dient das Namensfeld als Schlüssel. Dies gilt auch bezüglich des Konzepts „Prozess“ in der BPMN-Quelle, welches auf das Vokabularconcept „Geschäftsprozess“ abgebildet wird.



**Abbildung 9.7:** Vereinfachte Darstellung der Mappings zwischen BPMN-Konzepten und EA-Vokabular sowie der Festlegung von Schlüsseleigenschaften und Restriktionen (Quelle: Eigene Darstellung)

Nach dem Ausführen der Mappings befinden sich alle vorgesehenen Informationen in der integrierten Datenbasis der Pfefferminzia. Als Einstiegspunkt für Abfragen und Analysen dient das unternehmensindividuelle EA-Vokabular. In Listing 9.2 ist ein Ausschnitt aus der integrierten Datenbasis nach Ausführung der Mappings dargestellt. Dieser zeigt eine Geschäftsfunktion aus dem BPMN-Kontext sowie Informationen über eine Anwendung aus einer anderen Quelle. Zur besseren Lesbarkeit erfolgt die Darstellung in der Sprache Turtle (vgl. Abschnitt 4.3.2). Wie der Ausschnitt verdeutlicht, ist die Anwendung „Bestandsführungssystem“ (URI: `file:///F:/itop/itop-daten.rdf#itop_applicationsolution/6`) aus dem Teilmodell der „Configuration Management DB“ nicht nur vom ursprünglichen Typ (URI: `http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution`), sondern durch das Mapping auch vom Typ des Vokabularconzepts „Anwendung“ (URI: `http://localhost/tematres/vocab/?tema=2`). Zudem ist der Name gemäß Mapping die Schlüsseleigenschaft (Prädikat: `http://eaap.pfefferminziaV.de/eaap#hasKey`). Anhand der Typzuordnungen und der Schlüsselwerte in der Datenbasis können Beziehungen zu anderen Ressourcen aufgedeckt und dokumentiert werden (Prädikat: `http://eaap.pfefferminziaV.de/eaap#isSameAs`). So besteht eine Beziehung der Anwendung zu einer anderen Instanz aus dem Umfeld der IT-Architektur (URI: `file:///F:/iteraplan/iteraplan-daten.rdf#INS/65`). Wie weiterhin in Listing 9.2 zu sehen ist, existiert auch eine Beziehung zu einem Eintrag aus einer Datenwertquelle für Anwendungskosten (URI: `http://applications.pfefferminziaV.de/costs/3`).

**Listing 9.2:** Ausschnitt der integrierten Datenbasis für das Beispiel „Bestandsführungssystem“

```

1 @base <http://eaap.pfefferminziaV.de/eaap#> .
2 @prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
3 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
4
5 <file:///F:/itop/itop-daten.rdf#itop_applicationsolution/6>
6   a rdfs:Resource , <http://localhost/tematres/vocab/?tema=2> ,
7     <http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution> ;

```

```

8   rdfs:label "Bestandsführungssystem" ;
9   <#hasKey> "Bestandsführungssystem" ;
10  <#isSameAs> <file:///F:/iteraplan/iteraplan-daten.rdf#INS/65> ,
11      <http://applications.pfefferminziaV.de/costs/3> ;
12  <#linkToServer>
13      <file:///F:/itop/itop-daten.rdf#itop_server/42> ;
14  <http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution_id>
15      6 ;
16  <http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution_redundancy>
17      "disabled" ;
18  <http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution_serverRef>
19      <file:///F:/itop/itop-daten.rdf#itop_server/42> ;
20  <http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution_status>
21      "active" .
22
23  <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_28_Lane_08kbzb4>
24      a rdfs:Resource , <http://localhost/tematres/vocab/?tema=17> ,
25      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn#Business_Function> ;
26  rdfs:label "Schaden-/Leistungsbearbeitung" ;
27  <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn#representTask>
28      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_28_Task_02tlg2o> ,
29      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_28_Task_02dd11p> ,
30      ... weitere Entsprechungen ... ,
31      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_28_Task_03v3p5p> ;
32  <#hasKey> "Schaden-/Leistungsbearbeitung" ;
33  <#isSameAs> <http://ze.pfefferminziaV.de/funcmodel/gfschaden-leistungsbearbeitung51> ,
34      <file:///F:/iteraplan/iteraplan-daten.rdf#BF/36> ,
35      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_27_Lane_08kbzb4> ,
36      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_12_Lane_08kbzb4> ,
37      <http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_36_Lane_08kbzb4> ,
38      <http://risk.pfefferminziaV.de/risk/Function4> ,
39      <http://risk.pfefferminziaV.de/risk/Function9> ,
40      ... weitere Entsprechungen ... .
41
42  ... weitere Beschreibungen ...

```

Für die indirekte Vernetzung von Elementen aus verschiedenen Teilmodellen dienen wie erwähnt die Zuordnungsinstanzen. Im Listing 9.2 ist dieses ebenfalls wiedergegeben. Es ist eine Lane (URI: [http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process\\_28\\_Lane\\_08kbzb4](http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_28_Lane_08kbzb4)) aus einem Prozessmodell enthalten, welche die Rolle eines Zuordnungselements übernimmt. Entsprechend ist sie vom Teilmodell-internen Typ „Business Function“ (URI: [http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn#Business\\_Function](http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn#Business_Function)). Auch wurde dem Element das Vokabularkonzept „Geschäftsfunktion“ (URI: <http://localhost/tematres/vocab/?tema=17>) als Typ zugewiesen. Als Schlüsselwert (Prädikat: <http://eaap.pfefferminziaV.de/eaap#hasKey>) ist ebenfalls der Name („Schaden-/Leistungsbearbeitung“) festgelegt. Wie zuvor im Fall der Anwendung können anhand der Typzuordnungen und der Schlüsselwerte, Beziehungen der aktuellen Ressource zu anderen Ressourcen in der Datenbasis aufgedeckt und dokumentiert werden (Prädikat: <http://eaap.pfefferminziaV.de/eaap#isSameAs>). Damit erfolgt die indirekte Vernetzung der übereinstimmenden Geschäftsfunktionsinstanzen in der Datenbasis. So bestehen ausgehend von dieser Geschäftsfunktion Beziehungen, unter anderem zur Repräsentation derselben Geschäftsfunktion im Kontext der IT-Architektur (URI: <file:///F:/iteraplan/iteraplan-daten.rdf#BF/36>), zu Geschäftsfunktionsinstanzen anderer Prozessmodelle (URI: [http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process\\_36\\_Lane\\_08kbzb4](http://bpmn.pfefferminziaV.de/bpmn/process_36_Lane_08kbzb4)) oder zur Repräsentation dieser Geschäftsfunktion im Risikoinventar (URI: <http://risk.pfefferminziaV.de/risk/Function9>).

### 9.5.5 Untersuchungsobjekte und ihre Gewichtung

Die Pfefferminzia legt den Analysefokus auf die Realisierung des Digitalisierungsvorhabens (siehe Abschnitt 9.2). Diesbezüglich wurde von der Pfefferminzia festgelegt, dass die Geschäftsfunktionen auch gleichzeitig für die Menge der Untersuchungsobjekte, zur übergreifenden Betrachtung, verwendet werden sollen (siehe Abschnitt 9.5.2). Ergänzend können für diese Untersuchungsobjekte Gewichtungen festgelegt werden, um Unterschiede der Objekte hervorzuheben (siehe Abschnitt 6.5.2).

Die Betriebsorganisation der Pfefferminzia hat aus ihren betrieblichen Überlegungen heraus die in Ausdruck (9.1) gegebene Formel als Grundlage für die Bestimmung dieser Gewichtungen festgelegt. Die Pfefferminzia hat die Wertausprägungen von den variablen Bestandteilen zur Vereinfachung eingeschränkt (Zulässige Werte: 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1).

$$\text{Signifikanz} = \{ \text{Relevanz aus Kundensicht} \} + \{ \text{Umfang der Tätigkeit} \} \quad (9.1)$$

Die Intention der Vorschrift ist die Ermittlung der spezifischen „Signifikanz“ jeder Geschäftsfunktion bei der Pfefferminzia. Die Geschäftsfunktionen sollen durch zwei Parameter untereinander gewichtet werden können. Durch die Signifikanz will die Pfefferminzia sicherstellen, dass gewisse Bedeutungsunterschiede zwischen den Geschäftsfunktionen explizit gemacht werden. Zugleich können die variablen Bestandteile und die Signifikanz (Gewichtung) in den Kennzahlen berücksichtigt werden.

Die Pfefferminzia betrachtet im Ausdruck (9.1) zwei Aspekte:

**Relevanz aus Kundensicht** Angabe einer Einschätzung, wie relevant eine bestimmte Geschäftsfunktion aus der Sicht des Kunden ist. Die Pfefferminzia berücksichtigt diesen Wert, da gemäß der Zielsetzung der Digitalisierungsinitiative, die Kundeninteraktion und die Kundenzufriedenheit auch im Fokus stehen. Somit ist es ein Unterscheidungskriterium, wie relevant eine Funktion für den Kunden ist. Der Wert wird subjektiv durch die Pfefferminzia vor dem Hintergrund der Kenntnis über die Versicherungsnehmer im Allgemeinen festgelegt. Es können auch Erkenntnisse aus Umfragen hierbei einbezogen werden.

**Umfang der Tätigkeit** Angabe einer Einschätzung, wie groß der Tätigkeitsumfang der jeweiligen Geschäftsfunktion ist. Darin gehen auch Annahmen ein, wie vielfältig, verschiedenartig oder komplex die Arbeiten jeweils sind. Der Wert wird ebenfalls subjektiv durch die Pfefferminzia festgelegt.

Die Abstimmung der Einschätzungen kann im Austausch zwischen Betriebsorganisation und Beteiligten anderer Bereiche erfolgen.

Stellvertretend sei an dieser Stelle auf zwei Geschäftsfunktionen eingegangen. Die Geschäftsfunktion „Schaden-/Leistungsbearbeitung“ ist eine zentrale Funktion, mit deutlicher Interaktion mit dem Kunden und Auswirkung auf ihn. Daher ist die Relevanz aus Kundensicht als hoch (Wert 1) eingestuft. Der Tätigkeitsumfang wird mit einem mittleren Wert von 0,5 eingeschätzt, da bei der Abwicklung der Schäden und Leistungen zahlreiche Tätigkeiten anfallen, die aus Sicht der Pfefferminzia mehrheitlich Routinetätigkeiten sind. Ein Großteil der anfallenden Geschäftsvorgänge betrifft kleinere Schäden, die gleichartig zu bearbeiten sind. Komplexe, große Schäden machen nur einen geringen Anteil aus, wobei diese sehr arbeitsintensiv sind. Insgesamt ergibt sich als Gewichtung bzw. Signifikanz somit der Wert 1,5.

Die Funktion „Vertragsverwaltung“ hat hingegen eine mittlere Relevanz für den Kunden (Wert 0,5), da es für den Kunden eine Grundanforderung ist, dass die Pfefferminzia die Verträge korrekt verwaltet. Auch der Tätigkeitsumfang hat einen mittleren Wert von 0,5, da durch Neuanlage und Änderungen von Verträgen zahlreiche Tätigkeiten anfallen, die jedoch oftmals gleichartig sind. Seltener treten komplexe Vertragskonstellationen in einzelnen Sparten auf, die dann deutlich umfangreicher zu bearbeiten sind. Das Gewicht ist mit dem Gesamtwert 1 somit vergleichsweise neutral.

### **9.5.6 Festlegung der Kennzahlen zur Formalisierung von Teilzielen der Digitalisierungsinitiative**

Wie in Abschnitt 9.2 eingeleitet, strebt die Pfefferminzia Versicherung die Realisierung eines Digitalisierungsvorhabens an. Der Begriff Digitalisierung ist jedoch alleine nicht konkret genug, um Handlungsmaßnahmen direkt abzuleiten. Mittels des vorgestellten EA-Analyseansatzes soll daher der erforderliche Bedarf an Handlungen für die zuerst durchzuführenden Schritte des Digitalisierungsvorhabens abgeleitet werden.

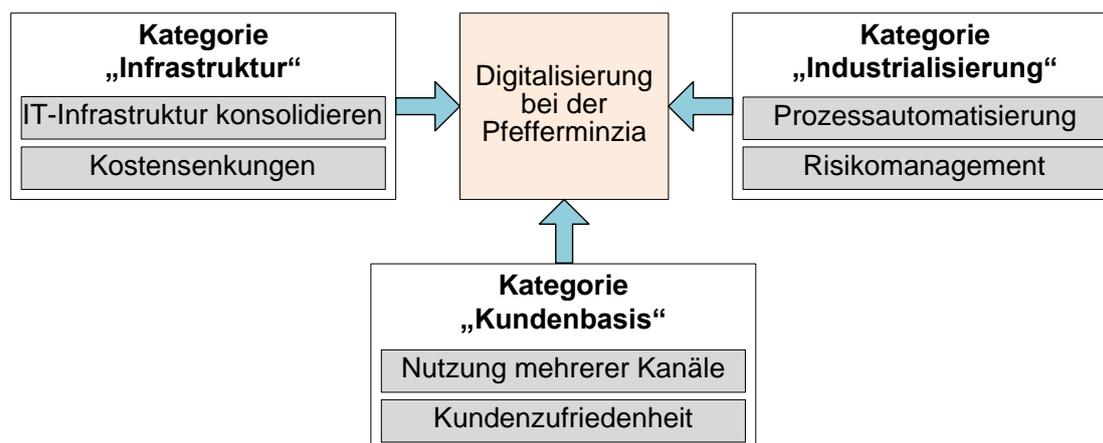
Durch Formulierung von Kennzahlen können wie in Abschnitt 9.4 erwähnt, die Teilziele ausgedrückt werden, welche die Pfefferminzia besonders berücksichtigen möchte. Die Untersuchungsobjekte können damit hinsichtlich dieser Teilziele der Digitalisierung bewertet werden.

Ausgangspunkte solcher Teilziele stellen die Unternehmensstrategie der Pfefferminzia und die Betrachtungen der verschiedenen Dimensionen von Digitalisierung dar, wie sie in Abschnitt 9.2 skizziert wurden. Aufgrund der verfolgten Strategie der Kostenführerschaft ergeben sich charakteristische Aspekte. Damit verbunden ist auch die in Abschnitt 9.2 erläuterte Ausrichtung „Effective operator“ [Siehe Mue+15, S. 4], wonach Automatisierung, Kostenreduzierung und durchgängige Abläufe relevant sind [Siehe Mue+15, S. 4-6]. Dies führt zu verschiedenen Metriken, unter anderem geringe Durchlaufzeiten und ein hoher Anteil automatisierter Abläufe [Siehe Mue+15, S. 6].

Auf Basis dieser Vorüberlegungen hat die Pfefferminzia ihre Digitalisierungsstrategie für sich weiter konkretisiert. Die Pfefferminzia hat festgelegt, Handlungsmaßnahmen für die Umsetzung der Digitalisierung anhand der kombinierten Betrachtung dreier Kategorien abzuleiten. In Abbildung 9.8 sind die drei Kategorien „Industrialisierung“, „Kundenbasis“ und „Infrastruktur“ dargestellt. Unter die erste Kategorie fallen Kennzahlen zum aktuellen Status der Prozessautomatisierung sowie Aspekte des Risikomanagements. In der zweiten Kategorie, der Kundenbasis, sind Kennzahlen zu angebotenen Kanälen und zur Kundenzufriedenheit enthalten. Die dritte Kategorie beinhaltet Kennzahlen bezüglich der Infrastruktur, fokussiert auf die IT-Infrastruktur und auf Kostensenkungen im Allgemeinen.

Wird das „PPI-Digitalisierungsrad“ aus Abschnitt 9.2 betrachtet (siehe Abbildung 9.3), so fällt auf, dass die Pfefferminzia nicht zu allen Dimensionen Kategorien vorgesehen hat. Dies liegt darin begründet, dass die drei gewählten Kategorien zunächst im Fokus der Pfefferminzia bei ihrer ersten, übergreifenden Betrachtung stehen. Andere Aspekte, wie z. B. die Entwicklung neuartiger Versicherungsprodukte oder Geschäftsmodelle, werden nachgelagert durch andere Herangehensweisen und Methodiken betrachtet.

Koordiniert durch die Betriebsorganisation und auf Basis der unternehmerischen Überlegungen der Pfefferminzia, wurden insgesamt 12 Kennzahlen zusammengestellt. Diese Kennzahlen werden dazu genutzt, die Geschäftsfunktionen bzw. Untersuchungsobjekte hinsichtlich der Digitalisierung zu bewerten. Die Kennzahlen betreffen in einigen Fällen nur Aspekte einer einzelnen Quelle (z. B. die Kennzahl „Fallabschlussquote der Prozesse“), in der Mehrzahl jedoch kombi-



**Abbildung 9.8:** Konkretisierung der Digitalisierungsstrategie durch drei Kategorien und entsprechenden Teilzielen (Quelle: Eigene Darstellung)

nierte Aspekte aus verschiedenen Quellen für eine übergreifende Analyse (z. B. die Kennzahl „IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit“). Die Kennzahlen verteilen sich dabei auf die drei zuvor genannten Kategorien. Wobei sich die Kennzahlzusammenstellung im Zeitverlauf ändern kann, wenn sich z. B. neue Ausrichtungen oder Anforderungen ergeben und eine Anpassung notwendig ist. Auch neue Datenquellen können zu neuen oder geänderten Kennzahlen führen.

Aus Platzgründen können an dieser Stelle nicht alle verwendeten Kennzahlen detailliert betrachtet werden. In Anhang II.1 sind die 12 Kennzahlen aufgeführt, jeweils mit Name und kurzer Beschreibung sowie ihrer Einordnung in die jeweilige Kategorie.

Die Kennzahlen decken ein breites Spektrum von Aspekten ab, um verschiedene Sichtweisen kombiniert zu betrachten. Aus diesem Grund sind sie eventuell nicht für alle Geschäftsfunktionen gleichermaßen anwendbar, wenn etwa z. B. keine Instanzen des angegebenen Konzepts mit der jeweiligen Geschäftsfunktion in Beziehung stehen. Dies ist im Analysekonzept zugelassen (vgl. Abschnitt 7.6).

Nachfolgend sei auf zwei Kennzahlen näher eingegangen. Die anderen Kennzahlen sind durch die Pfefferminzia vergleichbar beschrieben.

Die erste Kennzahl ist von der Pfefferminzia in die Kategorie „Industrialisierung“ eingeordnet und als „Automatisierungsgrad Tätigkeiten“ benannt worden. Es soll damit für eine Geschäftsfunktion der Anteil vollständig automatisierter Tätigkeiten (d. h. ohne manuelle Interaktion eines Benutzers) an der Gesamtanzahl aller Tätigkeiten dieser Geschäftsfunktion ermittelt werden. Die Kennzahl ist durch die zuvor erläuterte Strategieausrichtung der Pfefferminzia motiviert, mit einer höheren Automatisierung als einem zentralen Aspekt.

Die Definition der Kennzahl ist in Abbildung 9.9 dargestellt. Sie orientiert sich dabei am vorgestellten Analyseverfahren dieser Arbeit und somit den skizzierten Inhalten einer Kennzahldefinition, wie sie in Abschnitt 7.4.1 erläutert wurden. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, geht die Kennzahl aktuell in das Rating ein („Aktiv: ja“) und wird von der Pfefferminzia als vergleichsweise wichtig angesehen („Importance: 85 %“). Die von der Pfefferminzia festgelegte Berechnungsvorschrift ist ebenfalls in der Abbildung notiert.

Der Berechnungsvorschrift ist als Ausprägung für den entsprechenden Typ der Zielfunktion-Kennzahl „Max“ vorangestellt. Damit ist festgelegt, dass größere Werte erstrebenswerter sind als kleinere Werte. Angestrebtes Ziel ist also ein hoher Anteil automatisierter Tätigkeiten. Ein kleiner Anteilswert wird folglich als weniger gut angesehen. Die Formel beinhaltet zwei

<b>Allgemeine Eigenschaften</b>	
Name:	Automatisierungsgrad Tätigkeiten
Beschreibung:	Anteil automatisierter Tätigkeiten an Gesamtanzahl der Tätigkeiten
Aktiv:	ja
Importance:	85%

<b>Berechnungsvorschrift</b>
$\text{Max} \leftarrow \{ \text{Vollautomatisierte Tätigkeiten} \} / \{ \text{Tätigkeiten insgesamt} \}$

<b>Termtypen</b>	
①	Vollautomatisierte Tätigkeiten
Typ:	Vokabularkonzept
Vokabularkonzept:	Automatisierte Aktivität
Aggregation:	Anzahl Vorkommen (alle Vorkommen)
<hr/>	
②	Tätigkeiten insgesamt
Typ:	Vokabularkonzept
Vokabularkonzept:	Aktivität Allgemein
Aggregation:	Anzahl Vorkommen (alle Vorkommen)

**Abbildung 9.9:** Ausgestaltung der Kennzahl „Automatisierungsgrad Tätigkeiten“ (Quelle: Eigene Darstellung)

Termtypen. Der erste Termtyp ist benannt als „Vollautomatisierte Tätigkeiten“. Er steht für die Anzahl, der mit der jeweiligen Geschäftsfunktion verbundenen Instanzen des Vokabularkonzepts „Automatisierte Aktivität“ (gemäß Vokabular zuvor, siehe Abschnitt 9.5.1). Die Konkretisierung des Termtyps ist ebenfalls in Abbildung 9.9 angegeben. Der zweite Termtyp ist als „Tätigkeiten insgesamt“ benannt und, wie in der Abbildung ersichtlich, ebenfalls als Vokabularkonzept definiert. Jedoch werden hierbei solche Instanzen betrachtet, die vom Typ „Aktivität Allgemein“ sind und hierfür die Anzahl ermittelt.

Die Definition der Kennzahl profitiert dabei mehrfach vom vorgestellten Analyseansatz. Zunächst vereinigen sich beide Datenquellen für die Geschäftsprozesse (Camunda Modeler und ADONIS) unter dem neutralen EA-Vokabular. Damit ist es in der Berechnungsvorschrift möglich, die Anfrage auf neutraler Ebene zu formulieren. Gleichzeitig werden die detaillierten Ausprägungen der Datenquellen bei der späteren Auswertung berücksichtigt. Des Weiteren beinhaltet das EA-Vokabular der Pfefferminzia (siehe Abschnitt 9.5.1) bezüglich der Aktivitäten eine Hierarchie. „Aktivität Allgemein“ ist dabei der Oberbegriff für die konkreteren Ausprägungen „Manuelle Aktivität“, „IT-unterstützte Aktivität“ und „Automatisierte Aktivität“. Somit ist es in der Kennzahl vereinfacht möglich, Bezug zu allen Aktivitäteninstanzen zu nehmen, ohne alle drei Konzeptausprägungen einzeln zu benennen.

Die zweite Kennzahl ist benannt als „IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit“ und von der Pfefferminzia in die Kategorie „Infrastruktur“ eingeordnet worden. Die Kategorie bildet jene Aspekte ab, die Aussagen zum Zustand und zu möglichen Optimierungen der Infrastruktur tätigen. Ziel dieser Kennzahl ist der Vergleich, wie sich die IT-Kosten auf die in den Prozessen genutzten, automatisierten oder zumindest IT-gestützten, Tätigkeiten verteilen. Die IT-Kosten ergeben sich mit Bezug zu einer Geschäftsfunktion aus den IT-Sachkosten (u. a. Anwendungen oder Server) und den jeweiligen IT-Personalkosten. Da auch die Kostenreduzierung zu den zentralen Aspekten der gewählten Strategiewirkung zählt, fokussiert die Kennzahl auf diesen Kostenaspekt bei der IT-Infrastruktur.

Die Definition dieser zweiten Kennzahl ist in Abbildung 9.10 dargestellt. Auch diese Kennzahl geht aktuell in die Bewertung ein („Aktiv: ja“) und wird von der Pfefferminzia ebenfalls als wichtig („Importance: 80 %“) eingeschätzt. Auf die Bestandteile der festgelegten Berechnungsvorschrift wird gleich näher eingegangen. Die Sachkosten der IT sind gemäß Vokabular in Euro dokumentiert. Die Personalkosten wurden hingegen von der Pfefferminzia als Mitarbeiterkapazitäten im Sinne eines Vollzeitäquivalents, also der angenommenen Anzahl an Vollzeit-Mitarbeitern [Vgl. Bru09, S. 265], erhoben. Gemäß [Eur14] definiert sich das Vollzeitäquivalent dabei wie folgt: „Die Vollzeitäquivalente der Erwerbstätigkeit entsprechen der Zahl der auf Normalarbeitszeit umgerechneten Beschäftigungsverhältnisse.“ [Eur14, Kapitel 11, Abschnitt 32 (S. 362)] Das Vollzeitäquivalent ist dabei im IT-Bereich ein häufig genutztes Maß zur Aufwandsangabe [Vgl. Bru09, S. 265-267]. Für die Umrechnung eines Vollzeitäquivalents in einen Geldwert (in Euro) nimmt die Pfefferminzia einen Durchschnittswert von 60.000 EUR (u. a. inkl. Sozialleistungen) pro Vollzeit-Mitarbeiter an.

Dieser Berechnungsvorschrift ist als Ausprägung für die Zielfunktion-Kennzahl ein „Min“ vorangestellt (siehe Abbildung 9.10). Damit wird ausgedrückt, dass kleinere Werte erstrebenswerter sind, verglichen mit größeren Werten. Das Rating wird damit besser, je geringer die Kosten pro Tätigkeit mit IT-Bezug sind. Diesen Bezug hat die Pfefferminzia aus ihrer unternehmerischen Sicht festgelegt.

Insgesamt werden vier Termtypen in der Berechnungsvorschrift verwendet. Der erste Termtyp ist als „Sachkosten IT“ benannt und steht für alle Sachkosten von IT-Elementen (z. B. Anwendungen, Server), die mit der jeweiligen Geschäftsfunktion in Beziehung stehen. Folglich ist als Typ „Eigenschaft“ gewählt, weil jeweils die Kosteninformationen der Instanzen verwendet werden sollen. Im Gegensatz dazu wurden bei der ersten Kennzahl die Anzahlen der Instanzen verwendet. Das entsprechende Vokabularkonzept ist hierbei „IT-Kosten“ (siehe Abschnitt 9.5.1). Als Eigenschaftswert wird der konkrete Kostenwert („value“) verwendet. Werden mehrere Kostenwerte gefunden, ist für den Termtyp festgelegt, dass alle gefundenen Werte summiert werden sollen. Der zweite Termtyp („Personalkosten IT“) steht wie zuvor erläutert für die Personalkosten im IT-Bereich, erhoben als Vollzeitäquivalent. Der Termtyp ist dabei mit dem Vokabularkonzept „Personalkosten IT-Bereich“ belegt. Da die jeweiligen Werte in die Berechnung eingehen sollen, ist als Typ „Eigenschaft“ und als entsprechende Eigenschaft das Vollzeitäquivalent („value“) gewählt. Werden mehrere Werte gefunden, ist für den Termtyp ebenso festgelegt, dass alle gefundenen Werte summiert werden sollen. Der dritte Termtyp („Tätigkeiten automatisiert“) und der vierte Termtyp („Tätigkeiten IT-gestützt“) sind beide sehr ähnlich. In beiden Fällen geht es um die Anzahl der Instanzen vom angegebenen Konzept, die mit der jeweiligen Geschäftsfunktion in Beziehung stehen, also die Konzepte „Automatisierte Aktivität“ bzw. „IT-unterstützte Aktivität“.

Die Vokabularbegriffe „IT-Kosten“ und „Personalkosten IT-Bereich“ umfassen dabei jeweils Elemente verschiedener Datenquellen. Durch den vorliegenden Ansatz müssen die Datenquellen

<b>Allgemeine Eigenschaften</b>	
Name:	IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit
Beschreibung:	Verteilung der IT-Kosten auf die in den Prozessen genutzten, automatisierten und IT-gestützten Tätigkeiten
Aktiv:	ja
Importance:	80%

<b>Berechnungsvorschrift</b>	
$\text{Min} \leftarrow \frac{(\{\text{Sachkosten IT}\} + (\{\text{Personalkosten IT}\} * 60000))}{(\{\text{Tätigkeiten automatisiert}\} + \{\text{Tätigkeiten IT-gestützt}\})}$	

<b>Termtypen</b>	
1	Sachkosten IT
Typ:	Eigenschaft
Vokabularkonzept:	IT-Kosten
Eigenschaft:	value
Aggregation:	Summe (alle Vorkommen)
<hr/>	
2	Personalkosten IT
Typ:	Eigenschaft
Vokabularkonzept:	Personalkosten IT-Bereich
Eigenschaft:	value
Aggregation:	Summe (alle Vorkommen)
<hr/>	
3	Tätigkeiten automatisiert
Typ:	Vokabularkonzept
Vokabularkonzept:	Automatisierte Aktivität
Aggregation:	Anzahl Vorkommen (alle Vorkommen)
<hr/>	
4	Tätigkeiten IT-gestützt
Typ:	Vokabularkonzept
Vokabularkonzept:	IT-unterstützte Aktivität
Aggregation:	Anzahl Vorkommen (alle Vorkommen)

**Abbildung 9.10:** Ausgestaltung der Kennzahl „IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit“ (Quelle: Eigene Darstellung)

nicht einzeln angefragt werden. Darüber hinaus beschreibt „IT-Kosten“ erneut einen Oberbegriff (Unterbegriffe sind „Infrastrukturkosten Sach“ und „IT-Sachkosten“), ebenso wie auch „Personalkosten IT-Bereich“ (Unterbegriffe sind „Administrationskosten Personal“ und „IT-Personalkosten“). Somit ermöglicht es die Inferenz auch hier, in der Kennzahl Bezug zu allen konkreten Instanzen zu nehmen, ohne die jeweiligen Konzeptausprägungen einzeln zu benennen. Dies erhöht auch gleichzeitig die Lesbarkeit und Nachvollziehbarkeit, da es eine intuitive Beschreibung der Formeln ermöglicht.

Schließlich stellt der Analyseansatz zusätzlich sicher, dass Instanzen auch dann berücksichtigt werden, wenn diese im Quellmodell nicht über eine direkte Beziehung mit der Geschäftsfunktion verbunden sind. Es können durchaus verschiedene Stufen zwischen der Instanz und der Geschäftsfunktion bestehen. Dies erfolgt transparent für die Anwender, die lediglich die neutralen Vokabularbegriffe „IT-Kosten“ oder „Personalkosten IT-Bereich“ verwendet haben. Eine tiefe Kenntnis der Modellzusammenhänge ist auf dieser Ebene nicht erforderlich. Darüber hinaus kombiniert die Kennzahl verschiedene Domänen. So werden Datenwerte aus dem IT-Bereich, verknüpft über Elemente der IT-Architektur oder der „Configuration Management DB“, mit Elementen aus Prozessmodellen (ADONIS, Camunda Modeler) kombiniert.

Bei der Pfefferminzia sollen fehlende Werte bei der Ermittlung von Anzahlen durch den Wert null ersetzt werden. Findet das Vorgehen somit für eine Geschäftsfunktion keine verbundenen Instanzen des jeweiligen Konzepts, z. B. „Automatisierte Aktivität“, dann wird der Wert null in der Formel verwendet. Nicht durchführbare Berechnungen (z. B. Division durch null) werden herausgefiltert und gehen nicht in die Ratings ein. Dies wird auf technischer Ebene im EAAP-Prototyp berücksichtigt.

### 9.5.7 Berechnung und Interpretation des Ratingergebnisses

Nach Festlegung der Kennzahlen und Kategorien durch die Pfefferminzia kann nun die Berechnung der Ratings für die Untersuchungsobjekte bzw. Geschäftsfunktionen erfolgen. Die Berechnung verwendet hierzu die in der integrierten Datenbasis enthaltenen Informationen. Damit erhält die Pfefferminzia einen Zustandsbericht über die Geschäftsfunktionen hinsichtlich der formulierten Teilziele der Digitalisierungsinitiative.

Die Berechnung der Kennzahlen führt zu den Teilratings, der durch die Pfefferminzia definierten drei Kategorien. Wie in Abschnitt 7.4.2 für das allgemeine Vorgehen aufgezeigt, vergibt auch die Pfefferminzia einen individuellen Gewichtungsfaktor pro Kategorie. In Tabelle 9.2 sind die Gewichtungsfaktoren aufgelistet, wobei die Kategorie „Industrialisierung“ den Beteiligten wichtiger ist und folglich den höchsten Faktor erhalten hat.

**Tabelle 9.2:** Auflistung der Gewichtungsfaktoren für die Kategorien

Kategorie	Gewichtungsfaktor
Industrialisierung	5
Infrastruktur	3
Kundenbasis	1

Vorab hat sich die Pfefferminzia zur Einteilung der Ratingergebnisse auf zwei Grenzwerte verständigt. Das ermöglicht eine schnelle Übersicht, ob und wie stark die Geschäftsfunktionen jeweils Aufmerksamkeit erfordern (vgl. Abschnitt 7.5.4). Es sind hierzu die beiden Werte 0,2 und 0,3 als untere bzw. obere Grenze festgelegt. Die Wahl ist angelehnt an andere Nutzungen der IPA in der Praxis, z. B. bei [Vgl. ETC10]. Diese Grenzwerte können aufgrund zunehmender

Erfahrungen oder durch geänderte Erwartungen an die Geschäftsfunktionen im Zeitverlauf variiert werden.

Aufgrund der knappen Ressourcen der Pfefferminzia sollen zunächst nur Geschäftsfunktionen näher analysiert werden, deren Ratings im Bereich gleich oder oberhalb von 0,3 liegen. Diese stellen aus Sicht der Pfefferminzia die dringendsten Tätigkeitsschwerpunkte bei der Realisierung der Digitalisierung dar.

Das Gesamtergebnis für die Geschäftsfunktionen ist in Tabelle 9.3 dargestellt. Auf die Tabelleninhalte wird nachfolgend genauer eingegangen. In Anhang II.2 ist zudem ein Ausschnitt des Gesamtergebnisses in Form eines Screenshots aus dem EAAP-Prototyp angefügt. Entsprechend der Einteilung in drei Klassen, basierend auf den beiden Grenzwerten, ergibt sich in der Tabelle die farbliche Einfärbung in grün (normale Aufmerksamkeit; keine Aktion), gelb (gesteigerte Aufmerksamkeit; Beobachtung) und rot (hohe Aufmerksamkeit; Detailanalysen erforderlich). Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Farben in der Spalte des Gesamtratings dunkler gewählt, als in den Spalten der Kategorieratings, aus denen sich das Gesamtrating ergibt. Allerdings ist die Farbwahl beliebig änderbar.

Wie in der Spalte „Gesamtrating“ der Tabelle 9.3 abzulesen ist, fallen fünf Geschäftsfunktionen in den Bereich oberhalb von 0,3 und legen somit eine hohe Aufmerksamkeit sowie eine weitere Betrachtung durch Detailanalysen nahe. Weitere 12 Geschäftsfunktionen fallen in den mittleren Bereich. Sie gehören somit nicht zu den ersten Kandidaten für weitergehende Detailanalysen, sollten jedoch weiter beobachtet werden. Es liegen z. B. die Funktionen „Antragsmanagement“ und „Rückversicherung“ dicht an der Grenze zu 0,3, sodass sie zukünftig Kandidaten für Detailanalysen werden könnten. Die folgenden elf Geschäftsfunktionen liegen im niedrigen Bereich und werden von der Pfefferminzia zunächst nicht betrachtet, da ihre Ratings bereits einen guten Zustand hinsichtlich der formulierten Ziele für die Digitalisierung anzeigen. Ausnahmen bilden die restlichen Funktionen „Facility-Management“, „Produktportfoliomanagement“ und „Spartenportfoliomanagement“. Über sie liegen in der Datenbasis zu wenig Informationen vor, sodass keine Kennzahlen berechnet werden können. Folglich kann hierzu keine genauere Aussage getroffen werden. Es wurde von der Pfefferminzia entschieden, dass diese drei Geschäftsfunktionen aufgrund ihrer geringeren Bedeutung zunächst nicht für Detailanalysen vorzusehen sind.

Die Aussagefähigkeit, also die Anzahl der jeweils berechenbaren Kennzahlen für eine Geschäftsfunktion, ist über die drei Klassen breit ausgeprägt und sehr hoch. Bei drei Geschäftsfunktionen lagen ausreichend Informationen vor, um alle Kennzahlen anzuwenden. Nur bei sieben Geschäftsfunktionen waren weniger als ein Drittel der Kennzahlen anwendbar (8 % bis 25 %), da in der Datenbasis keine entsprechenden Informationen vorlagen. Dies hat auch damit zu tun, dass die Datenbasis der Pfefferminzia noch wächst und zukünftig mehr Informationen eingehen. Auch sind einige Kennzahlen inhaltlich nicht sinnvoll für einzelne Geschäftsfunktionen anwendbar. Ein Beispiel ist die Geschäftsfunktion „Kapitalanlagen“ und die Kennzahl „Fallabschlussquote von Geschäftsprozessen“ innerhalb der Kategorie „Industrialisierung“ (siehe Anhang II.1). Für die mit der Geschäftsfunktion verbundenen Prozesse wurde dieser Wert nicht erhoben, sodass diese Kennzahl nicht ermittelt werden kann.

Zur Erläuterung der Ratings sei nachfolgend stellvertretend auf die am schlechtesten bewertete Geschäftsfunktion eingegangen: „Vertragsverwaltung“. Dazu gehören u. a. die Neuanlage, Auskunft, Änderung oder Beendigung von Verträgen. Hierzu konnten alle Kennzahlen ermittelt werden, sodass eine sehr hohe Aussagefähigkeit vorliegt.

Die Berechnung eines Ratingwertes für eine Kennzahl basiert auf dem Konzept des IPA-Ratings, wie es in Abschnitt 6.4.3 allgemein erläutert wurde. Die Formel für die Berechnung

**Tabelle 9.3:** Ratingergebnisse für die Geschäftsfunktionen der Pfefferminzia

Geschäftsfunktion	Kategorie Industria- lisierung (Gewicht: 5)	Kategorie Infrastruktur (Gewicht: 3)	Kategorie Kundenbasis (Gewicht: 1)	Gesamt- rating	Aussage- fähigkeit
Vertragsverwaltung	0,46	0,34	0,25	0,40	100 %
Partnerbeziehungsmanagement	0,44	0,35	0,12	0,37	92 %
Schaden-/Leistungsbearbeitung	0,47	0,22	0,11	0,35	100 %
Recht und Meldewesen	0,42	0,25	0,11	0,33	75 %
Eingang/Ausgang	0,47	0,09	0,25	0,32	100 %
Antragsmanagement	0,21	0,44	0,13	0,28	92 %
Rückversicherung	0,17	0,48		0,28	67 %
Führung und Beteiligung	0,17	0,39	0,40	0,27	75 %
Risikomanagement	0,34	0,11		0,26	42 %
Rechnungswesen	0,17	0,38		0,25	75 %
Wissensmanagement	0,39	0,05	0,07	0,24	92 %
Betrug	0,14	0,39		0,24	67 %
Personalmanagement	0,33	0,18	0,00	0,24	42 %
IT-Management	0,21	0,25		0,22	25 %
Risikoanalyse	0,25	0,13	0,15	0,20	92 %
Provision	0,26	0,10	0,25	0,20	92 %
Inkasso/Exkasso	0,30	0,06	0,14	0,20	83 %
Regressbearbeitung	0,07	0,39		0,19	57 %
Business Intelligence	0,00	0,46		0,17	33 %
Produktmanagement		0,17		0,17	25 %
Prozessmanagement		0,17		0,17	17 %
Kundenbeziehungsmanagement	0,19	0,07	0,21	0,15	92 %
Beratung/Verkauf	0,15	0,20	0,00	0,15	42 %
Kapitalanlagen		0,11		0,11	25 %
Unternehmenskommunikation	0,04	0,15	0,00	0,07	42 %
Strategie		0,00	0,00	0,00	25 %
Multikanalmanagement			0,00	0,00	8 %
Marketing			0,00	0,00	8 %
Facility-Management					0 %
Produktportfoliomanagement					0 %
Spartenportfoliomanagement					0 %

des Ratingwertes (siehe Formel (6.2) in Abschnitt 6.4.3) wird aus Gründen der Verständlichkeit an dieser Stelle wieder aufgegriffen und verallgemeinert beschrieben:

$$\text{Kennzahlrating} = \text{Importance} \cdot (1 - \text{Erfüllungsgrad}) \quad (9.2)$$

Anhand dieser Formel werden die einzelnen Kennzahlratings berechnet. Dazu zählt somit auch die von der Pfefferminzia festgelegte und zuvor in Abschnitt 9.5.6 vorgestellte Kennzahl „Automatisierungsgrad Tätigkeiten“. Diese Kennzahl wurde zusammen mit vier weiteren Kennzahlen in die Kategorie „Industrialisierung“ eingeordnet. Die detaillierten Kennzahlratings dieser Kategorie sind in Tabelle 9.4 dargestellt. Die Detailratings der einzelnen Kennzahlen für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ sind zudem als Screenshot des EAAP-Prototyps in Anhang II.3 angefügt.

Die Pfefferminzia hatte eine Importance von 85 % für die Kennzahl „Automatisierungsgrad Tätigkeiten“ festgelegt (Wert 0,85 in der Tabelle). Die Berechnung der Kennzahl (siehe Erläuterung des Berechnungsvorgehens in Abschnitt 7.5.2) für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ hat einen äußerst niedrigen Erfüllungsgrad von 0,04 in Relation zu allen anderen Geschäftsfunktionen ergeben. Aufgrund dessen ergibt sich folglich der Ratingwert von 0,82 ( $= 0,85 \cdot (1 - 0,04)$ ). Inhaltlich bestätigt wird dies dadurch, dass bei der Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ sehr viel manuell erfolgt und kaum automatisierte Tätigkeiten bei der Pfefferminzia vorhanden sind.

Die Ratings für die anderen Kennzahlen werden analog ermittelt. Zusammen ergibt sich das Kategorierating von 0,46. Durch die Kategoriegewichtung mit dem Faktor 5 hat dieses Kategorierating einen großen Einfluss auf die negative Gesamtbewertung der Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“.

**Tabelle 9.4:** Detailergebnisse für Untersuchungsobjekt „Vertragsverwaltung“ in der Kategorie „Industrialisierung“ (Gewicht: 5)

Kennzahl	Importance	Erfüllungsgrad	Rating
Automatisierungsgrad Tätigkeiten	0,85	0,04	0,82
Effektive Bearbeitungszeit	0,85	0,24	0,64
Fallabschlussquote der Prozesse	0,50	0,00	0,50
Relative Risikobewertung nach und vor Durchführung IKS-Maßnahmen	0,40	0,40	0,24
Effizienz des Einsatzes der Mitarbeiterkapazitäten	0,65	0,88	0,08
<b>Gesamt</b>			<b>0,46</b>

Auch die zweite Kennzahl „IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit“ konnte für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ ermittelt werden. Diese ist in Tabelle 9.5 mit weiteren Kennzahlratings für die Kategorie „Infrastruktur“ enthalten. Der Erfüllungsgrad von 1,0 zeigt an, dass dieser Aspekt durch die vorliegende Geschäftsfunktion im Vergleich mit allen anderen Geschäftsfunktionen mit am besten erfüllt wird. Im Gegensatz zur Kennzahl „Automatisierungsgrad Tätigkeiten“ zuvor, die sehr niedrig bewertet wurde. Der inhaltliche Grund für die gute Bewertung in diesem Fall liegt darin, dass es eine größere Anzahl an Prozesstätigkeiten gibt, die zwar nicht vollautomatisiert sind, aber immerhin IT-unterstützt erfolgen. Somit verteilen sich die Kosten (Sach- und Personalkosten) der verbundenen IT-Elemente (z. B. Anwendungen oder Server) auf vergleichsweise viele Tätigkeiten. Das Rating ist folglich mit 0,0 ( $= 0,80 \cdot (1 - 1,00)$ ) sehr gut.

**Tabelle 9.5:** Detailergebnisse für Untersuchungsobjekt „Vertragsverwaltung“ in der Kategorie „Infrastruktur“ (Gewicht: 3)

Kennzahl	Importance	Erfüllungsgrad	Rating
Verfügbarkeit der beteiligten Systeme	0,80	0,09	0,73
Anzahl verschiedener Anwendungen	0,60	0,00	0,60
Geringste relative Gesamtkosten	0,70	0,93	0,05
IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit	0,80	1,00	0,00
<b>Gesamt</b>			<b>0,35</b>

Auch die Kennzahl „Geringste relative Gesamtkosten“ besitzt mit 0,05 einen sehr guten Ratingwert. Diesen beiden positiven Kennzahlratings stehen jedoch zwei sehr schlechte Ratingwerte (0,73 und 0,60) gegenüber. Die positiven Ratings mildern für diese Kategorie die beiden sehr schlechten Ratings zwar ab, dennoch ergibt sich insgesamt ein schlechter Kategorieratingwert von 0,35.

Schließlich existiert für die Geschäftsfunktion noch das dritte Kategorierating. Das Rating für die Kategorie „Kundenbasis“ liegt mit 0,25 im mittleren Bereich. Wie der Tabelle 9.6 zu entnehmen ist, liegt auch hier ein guter Ratingwert vor, der jedoch nicht die beiden schlechten Ratingwerte vollständig kompensieren kann.

**Tabelle 9.6:** Detailergebnisse für Untersuchungsobjekt „Vertragsverwaltung“ in der Kategorie „Kundenbasis“ (Gewicht: 1)

Kennzahl	Importance	Erfüllungsgrad	Rating
Nutzbarkeit durch mehrere Kanäle	0,40	0,00	0,40
Kundenzufriedenheit	0,45	0,24	0,34
Beschwerden relativ zur Anzahl Verträge	0,50	1,00	0,00
<b>Gesamt</b>			<b>0,25</b>

Diese drei Kategorieratings ergeben, gewichtet mit ihren Gewichtungsfaktoren, das Gesamtrating von 0,4 für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“, wie bereits in Tabelle 9.3 gezeigt. Die Berechnungen erfolgen für die anderen Geschäftsfunktionen in gleicher Art. Damit hat die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ im Vergleich zu den anderen Geschäftsfunktionen die schlechteste Bewertung. Folglich impliziert dies eine notwendige, starke Aufmerksamkeit und einen entsprechenden Handlungsbedarf, worauf im nachfolgenden Abschnitt aus Sicht der Pfefferminzia eingegangen wird.

Es ist sinnvoll, diese Zustandsermittlung der Geschäftsfunktionen regelmäßig durchzuführen, um den Erfolg und die Wirkung der ergriffenen Maßnahmen zu kontrollieren. Dabei ist es auch möglich, geeignete Weiterentwicklungen an der Kennzahlmenge vorzunehmen, um präzisere und weitergehende Aussagen ableiten zu können.

### 9.5.8 Ableitung des Bedarfs an Handlungen

Die ermittelten Gesamtratings auf der Ebene der Geschäftsfunktionen (siehe Tabelle 9.3 im vorherigen Abschnitt) bilden die Grundlage für die Ableitung eines möglichen Handlungsbedarfs für jede einzelne Geschäftsfunktion. Die Bewertungen des aktuellen Zustands, hinsichtlich der durch die Kennzahlen abgebildeten Teilziele der Digitalisierung, helfen der Pfefferminzia, ihre Aufmerksamkeit auf die als wesentlich erkannten Bereiche zu fokussieren. Sie liefern zugleich eine Priorisierung aus übergreifender Perspektive und nicht nur isoliert aus der Sicht eines

einzelnen Bereiches. Das ist ein Mehrwert, da zu Beginn kein gemeinsamer Plan bestand, wie das umfangreiche Thema Digitalisierung koordiniert begonnen werden sollte.

Würde die Pfefferminzia lediglich einzelne Quellen isoliert als Entscheidungsgrundlage verwenden, dann wäre eine Interpretation aus Gesamtsicht nur schwer möglich. Folglich könnten eventuell Schlüsse gezogen werden, die nur aus lokaler Sicht eine mögliche Optimierung adressieren würden.

Ein Beispiel hierfür ist die Anwendung „Bestandsführungssystem“. Eine detaillierte Analyse der vorhandenen Daten ergibt, dass die Gesamtkosten (Sach- und Personalkosten) die dritthöchsten unter allen Anwendungen der Pfefferminzia sind. Läge der Fokus alleine auf diesen Kosten, dann könnte eventuell unreflektiert versucht werden, die Kosten immer weiter senken zu wollen, wie etwa auch in [Vgl. Nie05, S. 30 ff.] allgemein aus der Praxis geschildert. Eine Begründung gegen eine stetige Kostensenkung, speziell bei der vorliegenden Anwendung, oder eine Betrachtung möglicher Auswirkungen sind bei der reinen Kostenbetrachtung schwer möglich.

Wird jedoch aus einer übergreifenden Sicht auf die Pfefferminzia geschaut, dann sind wie erläutert die Geschäftsfunktionen die relevanten Untersuchungsobjekte. Die Anwendung „Bestandsführungssystem“, neben weiteren Anwendungen, wird etwa zu einem wesentlichen Teil von der Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ genutzt. Auf Ebene einzelner Kennzahlen zum Kostenaspekt („Geringste relative Gesamtkosten“ und „IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit“) ergaben sich im Vergleich zu anderen Geschäftsfunktionen sogar gute Bewertungen.

Werden also verschiedene Sichtweisen und Elemente kombiniert, dann ergibt sich eine Bewertung unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte vor einem ganzheitlichen Hintergrund. Für die genannte Geschäftsfunktion besteht hinsichtlich der Kosten im vorliegenden Fall zunächst kein dringender Handlungsbedarf. Dies hatte demgegenüber die isolierte Kostenbetrachtung für einzelne Anwendungen ergeben.

Dies ist eine Betrachtung, welche sich auf die Kennzahlebene fokussiert. Das generelle Entscheidungskriterium stellt wie erwähnt das Gesamtrating dar, was jedoch im Fall der Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ einen hohen Wert (schlecht) hat. Somit würde sich daraus die Notwendigkeit zur Betrachtung im Rahmen von Detailanalysen ergeben. Auf diesen Aspekt wird noch eingegangen.

Ein weiteres Beispiel ist der Geschäftsprozess „Regressanspruch“. Sowohl die Bearbeitungszeit als auch die Mitarbeiterkapazität gehören zu den höchsten Werten. Somit würde sich rein aus Prozesssicht ein dringender Handlungsbedarf ableiten lassen. Erneut aus der übergreifenden Sicht der Geschäftsfunktionen argumentiert, lässt sich jedoch dieser dringende Handlungsbedarf nicht bestätigen. Wenn etwa die Kennzahlen „Effizienz des Einsatzes der Mitarbeiterkapazitäten“ und „Effektive Bearbeitungszeit“ für die Geschäftsfunktion „Regressbearbeitung“ betrachtet werden. Der Geschäftsprozess wird von jener Geschäftsfunktion hauptsächlich verwendet, sodass diese Betrachtung zulässig erscheint. Beide Kennzahlen haben, auch unter Berücksichtigung der ebenfalls zugehörigen Geschäftsprozesse, positive Ratingwerte von 0,19 bzw. 0,02. Insgesamt besitzt die Geschäftsfunktion „Regressbearbeitung“ gemäß Tabelle 9.3 sogar einen niedrigen Gesamtratingwert (Wert 0,19), sodass kein dringender Handlungsbedarf insgesamt angezeigt ist.

Ergänzend ist zu erwähnen, dass die Pfefferminzia keine Werte für kritische Grenzen bei spezifischen Kennzahlen (vgl. Abschnitt 7.5.4) definiert hat. Es gibt somit keine Grenzen auf der Ebene der Kennzahlen, deren Überschreitungen unmittelbar einen Handlungsbedarf anzeigen würden.

Die Tabelle 9.3 mit den Gesamtratings macht somit deutlich, welche Geschäftsfunktionen aus übergreifender Sicht den dringendsten Handlungsbedarf für die Realisierung der Digitalisierungsstrategie aufweisen und daher zuerst zu betrachten sind. Damit liefert die Tabelle eine Hilfe für die Priorisierung aus ganzheitlicher Betrachtung, an deren Stelle sonst zuvor lokale Betrachtungen einzelner Domänen maßgebend wären.

Nur auf Basis der Tabelle mit den Gesamtratings oder der dahinter liegenden Kategorieratings lassen sich jedoch auf detaillierter Ebene keine konkreten Veränderungsmaßnahmen festlegen. Eine Aussage etwa darüber, welche Aktivität innerhalb eines bestimmten Prozesses automatisiert statt manuell ablaufen soll, ist nicht Gegenstand des Gesamtingerergebnisses (siehe Verständnis des Analyseansatzes in Abschnitt 7.1). Konkrete Maßnahmen sind daher in Detailanalysen zu erörtern. Aber die Anzahl der Detailanalysen kann beschränkt werden, sodass im ersten Schritt nur wenige zeit- und ressourcenintensive Detailanalysen vorgenommen werden müssen. Im vorliegenden Fall sind dies die fünf Geschäftsfunktionen mit roter Hinterlegung in der Tabelle 9.3.

Gleichzeitig liefern die Kategorieratings und Kennzahlratings zusätzlichen Input für die Detailanalysen, um diese zu unterstützen. So deuten sehr schlecht bewertete Kennzahlen auf Aspekte hin, die in den Detailanalysen sicherlich näher zu betrachten sind.

Sei noch mal als Beispiel auf die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ eingegangen, da sie das schlechteste Gesamtrating erhalten hat. Hier ist eine Detailanalyse durch die Pfefferminzia aufgrund des Ratings dringend empfohlen. Die Vertragsverwaltung ist ohnehin ein Kernbereich einer Versicherung und daher wichtig. Aber dennoch liefert erst die Analysemethodik eine belastbare Aussage darüber, ob und wie stark ein Handlungsbedarf hinsichtlich der Digitalisierung im konkreten Fall besteht. Ohne das Rating bliebe lediglich eine Vermutung oder ein Bauchgefühl, ob ein Bedarf besteht oder nicht. Es würde von der subjektiven Einschätzung einzelner Personen innerhalb der Pfefferminzia abhängen, ob eine Detailanalyse durchzuführen wäre.

Andere Beispiele sind etwa das Antragsmanagement oder das Kundenbeziehungsmanagement, welches auch zentrale Bereiche der Versicherung sind. Bei denen wurde aber in beiden Fällen kein dringender Handlungsbedarf angezeigt. Das Rating liefert damit eine relevante Erkenntnis, um die Aufmerksamkeit und die Detailanalysen zu lenken.

Werden die detaillierten Kategorie- und Kennzahlratings der Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ betrachtet (siehe Tabellen 9.4, 9.5 und 9.6 im vorherigen Abschnitt), können zudem weitere Hinweise für die Detailanalyse dieser Geschäftsfunktion geliefert werden. So ist gewiss eine zentrale Erkenntnis, dass der Automatisierungsgrad zu erhöhen ist. Ebenso sind etwa die Erreichbarkeit über verschiedene Kanäle und die Verfügbarkeit der Systeme verbesserungswürdig. Gleichfalls kann aus Kostensicht festgehalten werden, dass aktuell kein Handlungsbedarf besteht. Folglich braucht sich die Detailanalyse nicht primär darauf zu konzentrieren und vermeintliche Kostensenkungspotenziale suchen. Dies hatte die lokale Betrachtung der Kosten noch angedeutet, wie bereits erläutert wurde.

Durch die (indirekte) Vernetzung der Teilmodelle können als zusätzlicher Input für die Detailanalysen, alle verbundenen Elemente identifiziert werden, die mit einer Geschäftsfunktion in Relation stehen. Das bedeutet aus Sicht der Pfefferminzia ebenfalls eine Erleichterung, da der Aufwand sinkt, möglicherweise betroffene Elemente zu identifizieren.

Analog gilt das Vorgehen für die anderen Geschäftsfunktionen, für die ebenfalls ein dringender Handlungsbedarf angezeigt ist.

Nach der Realisierung ausgearbeiteter Maßnahmen kann erneut ein Ratinglauf durchgeführt werden, um das Erreichen der angestrebten Effekte in Richtung der Digitalisierungsstrategie zu überprüfen. Damit kann der Erfolg der Maßnahmen kontrolliert werden.

Mit dem ersten Analyselauf konnten folglich, mit begrenztem Aufwand, jene Geschäftsfunktionen identifiziert werden, welche den dringendsten Bedarf bezüglich der Digitalisierungsbestrebungen der Pfefferminzia aufweisen. Damit ist sichergestellt, dass zunächst mit den relevanten Geschäftsfunktionen begonnen wird, um in der frühen Projektphase bereits einen entsprechenden Projekterfolg nachweisen zu können. Zugleich werden auch die knappen Ressourcen zielgerichtet eingesetzt. Zukünftige Analyseläufe können dann helfen, notwendige Folgeaktivitäten zu bestimmen.

Später kann zudem die Analysemethodik auf andere Analyseziele, neben der Betrachtung der Digitalisierung, ausgeweitet werden.



# 10 Schlussfolgerungen

*Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Gesamtansatz zur Vernetzung und Analyse von isolierten Teilmodellen beschrieben. Mit der integrierten Datenbasis und der entwickelten Ratingmethodik kann flexibel der Bedarf an Handlungen für einen durch Kennzahlen ausgedrückten Kontext abgeleitet werden.*

*In diesem Kapitel sollen nun die Inhalte zusammengefasst werden. Zudem erfolgt eine Betrachtung der durch die Arbeit erzielten Ergebnisse. Das Kapitel gibt abschließend einen Ausblick auf Erweiterungsmöglichkeiten des Ansatzes und nennt weiterführende Fragestellungen.*

---

10.1 Zusammenfassung . . . . .	309
10.2 Ergebnisse . . . . .	310
10.3 Ausblick . . . . .	312

---

## 10.1 Zusammenfassung

Das Grundkonzept einer Unternehmensarchitektur bzw. Enterprise Architecture (EA) kann als allgemein anerkannt bezeichnet werden. Es steht für eine ganzheitliche Betrachtung des Unternehmens und beinhaltet hierzu in der Regel abstrahierte Informationen. So können verschiedene Analysen auf Basis der EA durchgeführt werden. Allerdings sind bestehende Vorgehensweisen oftmals mit einem großen Aufwand bei der EA-Erstellung verbunden. Werden zudem keine detaillierten Daten in der EA vorgesehen, dann beruhen Analysen auf vergleichsweise eingeschränkten Informationen. Demgegenüber liegen Informationen jedoch in gesonderten Systemen mit einer größeren Detailtiefe vor. Wobei die Modelle selten eng miteinander abgestimmt sind und somit direkte Verbindungen zumeist fehlen.

Aus diesem Grund verfolgt die Arbeit eine Zielkombination: Es sollen diese isolierten Teilmodelle lose vernetzt werden und ganzheitliche EA-Analysen durchgeführt werden können. Die Basis ist dabei eine flexible Begriffssammlung.

Das unterscheidet die vorliegende Arbeit von anderen Ansätzen in diesem Bereich. Bei ihnen dominieren feste EA-Metamodelle und es werden bereits vernetzte Datenbestände vorausgesetzt. Der Fokus liegt bei jenen Ansätzen auf aggregierten Informationen und auf Analysen bezüglich der Struktur der EA. Charakteristisch sind zudem komplexe Definitionen der Analysen und die begrenzten Möglichkeiten zur flexiblen Veränderung. Kennzahlenbasierte Analysen, insbesondere von in der EA abgelegten Informationen, sind wenig verbreitet.

Zur Erreichung der formulierten Ziele entwickelt die vorliegende Arbeit ein Gesamtkonzept, das sowohl die Vernetzung (Kapitel 5) als auch die Analyse (Kapitel 6 und 7) berücksichtigt.

Kern bei der Vernetzung sind ein gemeinsames Datenmodell, eine indirekte Vernetzung der Inhalte sowie ein einfaches EA-Vokabular. Als geeignete Basis für den Vernetzungsansatz können die Technologien des Semantic Web identifiziert werden. Kapitel 4 erläutert hierzu die grundlegenden Bausteine und ihre Anwendung zur Vernetzung von Daten.

Nach ihrer Überführung in das gemeinsame Datenmodell und der Verknüpfung mit dem EA-Vokabular können die bestehenden Quellen in der integrierten Datenbasis zusammengeführt

werden. Vor allem werden dabei auch Datenwerte (z. B. Kosten oder Zeiten) berücksichtigt, um später detaillierte Auswertungen durchführen zu können. Das EA-Vokabular dient als neutrale Sprachebene für den einheitlichen Zugriff.

Um den Analysezweck und die Entwicklung des Analyseansatzes im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu konkretisieren, liegt der Fokus auf der Ableitung des Bedarfs an Handlungen. Dieses Anwendungsgebiet ist in der Wirtschaftspraxis sehr relevant, wie die Arbeit aufzeigt. Da passende Methoden im unmittelbaren Kontext der EA-Disziplin für die angestrebten Ziele nicht identifiziert werden können, erweitert die Arbeit den Blick auf das Dienstleistungsmanagement. Dort sind solche Betrachtungen etabliert. Eine Methodik stellt Abschnitt 6.4 vor. Es kann dabei festgehalten werden, dass die Methode bereits wesentliche Merkmale aufweist, aber für den vorliegenden Kontext der angestrebten EA-Analyse noch Erweiterungen erforderlich sind. Durch die in Abschnitt 7.3 skizzierten Erweiterungen ist es möglich, für zuvor festgelegte Objekte entsprechende Auswertungen aus ganzheitlicher Sicht durchzuführen und einen spezifischen Ratingwert zu ermitteln. Dieser Ratingwert ist ein Ausdruck dafür, wie stark die Aufmerksamkeit auf dieses Objekt zu lenken ist, sofern ein Handlungsbedarf angezeigt ist.

Die Grundlage der Analyse bilden die Definitionen von Kennzahlen und Kategorien. Sie legen den Kontext fest, nach welchen Kriterien die Notwendigkeit des Bedarfs an Handlungen geprüft werden soll. Abschnitt 7.4 erläutert die Grundgedanken und arbeitet die Bestandteile der Kennzahlen heraus. Um eine einfache Definition und zugleich eine Verbindung zur Datenbasis sicherzustellen, verwenden die Kennzahlen das EA-Vokabular. Die Erläuterung umfasst auch die weiteren Teilschritte, die während der Analyse transparent erfolgen und am Ende die Ratingergebnisse liefern.

Auch an dieser Stelle spielen die Technologien des Semantic Web eine zentrale Rolle, da die Auswertungen mit ihnen realisierbar sind.

Zur Erprobung wurde das Gesamtkonzept im Rahmen des eigenständigen Prototyps *EAAP* (Enterprise Architecture Analysis Platform) realisiert. Darin wurde das Gesamtkonzept vollständig abgebildet. Abschnitt 8.3 beschreibt die Umsetzung hierzu. Daneben erfolgt auch die Erläuterung einer möglichen Integration des Ansatzes in das bestehende EAM-System „Archi“.

Die Darstellung eines ausführlichen Anwendungsfalls zum Thema „Digitalisierung bei einer Versicherung“ in Kapitel 9 demonstriert die Anwendbarkeit des Gesamtkonzepts für die Praxis. Im Anwendungsfall werden mittels des entwickelten Ansatzes Hinweise auf die ersten Schritte im Rahmen einer angestrebten Digitalisierungsinitiative abgeleitet. Das Thema ist in der Versicherungswirtschaft besonders aktuell und besitzt eine hohe Relevanz für viele Versicherer. Das verdeutlicht den Praxisnutzen des Konzepts.

Die angestrebten Ziele können somit unter Anwendung des Ansatzes zur Vernetzung und Analyse von Informationen im Kontext einer EA erreicht werden.

## 10.2 Ergebnisse

Abschnitt 1.2 geht auf die zugrunde liegende Problemstellung ein. Daraus folgt die Zusammenfassung zu sechs Problemfeldern, als Ausgangspunkt für die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit (siehe Abschnitt 1.3). An dieser Stelle wird nun betrachtet, inwieweit die Ziele durch den Ansatz erfüllt werden.

Das erste Problemfeld ist, dass zwar oft detaillierte Inhalte vorhanden sind, diese aber in gesonderten Werkzeugen isoliert vorliegen und kaum Bezüge zueinander haben. Hinsichtlich des Aufbaus einer EA ergibt sich ein weiteres Problem, da eine EA gewöhnlich mit viel

Aufwand als getrenntes Datensilo erstellt wird. Da zugleich nur abstrahierte Informationen abgelegt werden, sind regelmäßig kaum detaillierte Datenwerte in der EA enthalten.

Das führt bezüglich des Aspekts der Vernetzung zu verschiedenen Teilzielen. So soll die Datenbasis durch Integration vorliegender Inhalte entstehen. Damit wäre die EA kein getrenntes Datensilo, sondern vielmehr ein leichtgewichtiger Zusammenschluss der bestehenden Inhalte. Dies wird vom vorliegenden Ansatz erfüllt. Hierzu werden die festgelegten Zuordnungselemente (siehe Abschnitt 5.8.1) vorab in die Teilmodelle übernommen (siehe Abschnitt 5.8.2). Anhand dieser Elemente und der in den Mappings festzulegenden Schlüsseigenschaften zur Identifikation (siehe Abschnitt 5.9.3) können die Modelle schließlich indirekt vernetzt werden (siehe Abschnitt 5.9.4). Damit entsteht am Ende die integrierte Datenbasis.

Das stellt zugleich sicher, dass die Quellen weiterhin die primären Datenquellen bleiben. Dies kann wie in Abschnitt 5.2.2 erläutert, für die Akzeptanz einer EA-Initiative relevant sein.

Datenwerte werden bei der Vernetzung explizit berücksichtigt und umfangreich unterstützt (u. a. siehe Abschnitt 5.8.3). Sie gehen ebenso in die Datenbasis ein, wie auch die strukturellen Informationen über Elemente. Damit wird auch dieses Teilziel erfüllt. Das ist zugleich relevant, da das Fehlen von detaillierten Datenwerten, insbesondere für übergreifende Analysen, ein benanntes Problemfeld ist.

Des Weiteren besteht ein Ziel darin, mit verschiedenen Ausgestaltungen der Quellen umzugehen und zugleich die Datenbasis mittels einer gemeinsamen Begriffssammlung zugänglich zu machen. Dies stellen beim vorliegenden Ansatz mehrere Teilschritte sicher. Zunächst erfolgt dabei die Umwandlung der bestehenden Quellinformationen (siehe Abschnitt 5.8.4) in das gemeinsame Datenmodell RDF (Resource Description Framework). RDF ist zugleich das grundlegende Datenmodell des Semantic Web (siehe Abschnitte 4.3.1 und 4.3.2). Als neutrale Begriffsebene dient das EA-Vokabular (siehe Abschnitt 5.9.1). Durch die zu erstellenden Mappings (siehe Abschnitt 5.9.3) werden die Begriffswelten der Quellen auf das neutrale EA-Vokabular abgebildet. Damit können am Ende die Informationen mit diesem Vokabular zentral und einheitlich zugegriffen werden.

Bei der Analyse beziehen sich die Problemfelder darauf, dass gegenwärtige EA-Szenarien oftmals auf abstrahierte Informationen beschränkt sind. Zugleich sind kennzahlenbasierte Analyseansätze für flexible und umfassende Auswertungen nur eingeschränkt verfügbar.

Die formulierten Teilziele werden vom Analyseansatz erfüllt, indem die Auswertungen flexibel mittels Kennzahlen beschrieben werden können (siehe Abschnitt 7.4). Die Kennzahlen lassen sich in einer gewohnten mathematischen Schreibweise erfassen und beziehen sich auf die Konzepte des EA-Vokabulars. Ebenso können die im vorherigen Schritt hinzugefügten Datenwerte verwendet werden. Der Bezug zum EA-Vokabular ermöglicht damit einen Umgang mit dem flexiblen Datenmodell, da kein festes Metamodell dahinter liegt.

Schließlich wirkt der Ansatz auch auf das Problemfeld des benötigten Aufwands. Es besteht dabei das Ziel, den Aufwand zur Etablierung und Pflege der EA sowie zur Definition der Auswertungen gering zu halten. Wie der Ansatz zeigt, können die Quellen mit bestehenden Mitteln (siehe Abschnitt 5.8.4) nach RDF überführt werden. Auch die Zuordnungselemente lassen sich in die Teilarchitekturen integrieren (siehe Abschnitt 5.8.2), sofern keine vorhandenen Elemente genutzt werden können, und erbringen dabei teilweise einen Zusatznutzen. Ebenfalls ist die Erstellung des EA-Vokabulars primär beschreibender Natur (siehe Abschnitt 5.9.1.1) und profitiert von vorhandenen Standards des Semantic Web. Durch die Fähigkeiten der Technologien des Semantic Web im Umfeld der Integration können auch die Vernetzungen durch einfache Mappings beschrieben werden (siehe Abschnitt 5.9.3). Gleiches gilt für die Erfassung der Kennzahlen in intuitiver Form und ohne tief gehendes technisches Wissen.

Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz erfüllt somit das Gesamtziel, bestehend aus der Vernetzung von zuvor weitgehend isolierten Teilmodellen sowie der übergreifenden, kennzahlenbasierten EA-Analyse.

Damit können auch wesentliche Unterscheidungsmerkmale zu bestehenden Ansätzen in diesen Gebieten festgehalten werden. So zeigt eine Betrachtung von Ansätzen auf Basis der Technologien des Semantic Web bezüglich der Vernetzung (siehe Abschnitt 5.6), dass die Integration von separaten Teilmodellen nicht im Hauptfokus ist. Es wird überwiegend von einem existenten EA-Modell ausgegangen. Zudem werden Datenwerte kaum berücksichtigt.

Bei der Analyse können ebenfalls Unterscheidungsmerkmale zu bestehenden Ansätzen (siehe Abschnitt 6.2) identifiziert werden. Ohne Einsatz von Technologien des Semantic Web überwiegt die Betrachtung fester EA-Modelle. Zudem sind Auswertungen sehr aufwendig zu beschreiben. Darüber hinaus befasst sich die Mehrheit der Ansätze nicht mit umfassenden Analysemöglichkeiten auf Basis von Kennzahlen. Bei Ansätzen auf Basis der Technologien des Semantic Web sind flexible EA-Modelle verbreitet, aber die Analysefähigkeiten sind demgegenüber begrenzt und erfordern zugleich ein hohes technisches Verständnis.

Die Erstellung des Prototyps EAAP (Enterprise Architecture Analysis Platform) verdeutlicht, dass der Ansatz auch durch ein Werkzeug realisiert werden kann (siehe Abschnitt 8.3).

Das einführende Beispiel einer Bank in Abschnitt 1.4 und der umfassende Anwendungsfall einer Versicherung in Kapitel 9 stammen beide aus dem Finanzdienstleistungsbereich. In diesen Bereichen kann der Autor eigene Praxiserfahrungen einbringen. Dennoch ist der Ansatz nicht auf diese Branche begrenzt. Wie in den Kapiteln zum Vernetzungs- und Analyseansatz (siehe Kapitel 5, 6 und 7) ersichtlich, ist das Konzept unabhängig von einer konkreten Branche. Wie speziell auch in diesem Abschnitt aufgezeigt wurde, stellen das gemeinsame Datenmodell, das flexible Vokabular, die beliebig definierbaren Zuordnungselemente und die individuell beschreibbaren Kennzahlen eine Anwendbarkeit in verschiedenen Kontexten sicher.

Die individuell beschreibbaren Kennzahlen erlauben bereits vielfältige Ausgestaltungen bei der Ermittlung eines Bedarfs an möglichen Handlungen. Aber auch der Analysezweck kann variiert werden. Durch Variation der verwendeten Ratingmethodik (siehe Abschnitt 7.3) kann die Interpretation der ermittelten Kennzahlenwerte beeinflusst werden. Auch könnten die Kennzahlenergebnisse direkt als Resultat für die Aggregation verteilter Datenbestände genutzt werden. Dies ist ebenfalls ein relevanter Einsatzkontext, etwa bei Kreditinstituten. So wird dort durch die erwähnte Richtlinie BCBS 239 bezüglich des Risikomanagements (siehe Abschnitt 7.6) eine umfassende Datenaggregation gefordert. Somit ist es möglich, aufbauend auf der integrierten Datenbasis und dem Ausgangspunkt der Analyse, verschiedene Anwendungsszenarien mit diesem Ansatz zu unterstützen.

### **10.3 Ausblick**

Der in dieser Arbeit beschriebene Gesamtansatz behandelt mit der Vernetzung und der Analyse im EA-Kontext zwei große Themenbereiche. Zugleich beschreibt er dabei eine grundsätzliche Ausprägung für dieses umfassende Nutzungsszenario. An diese Basis schließen sich weiterführende Fragen an, die zu zukünftigen Forschungsarbeiten führen können.

Ein möglicher Forschungsbereich betrifft die Zuordnungselemente (siehe Abschnitt 5.8.1). Der Ansatz trifft keine Festlegung, welcher Art die Zuordnungselemente sind. Es sind vertiefende Untersuchungen hinsichtlich geeigneter Kandidaten denkbar. Das kann auch die Festlegung weiterer Kriterien einschließen, die zur Prüfung der Eignung genutzt werden können. Es

erscheint besonders für die Praxis hilfreich, entsprechende Sammlungen von Zuordnungselementen aufzubauen.

Des Weiteren besteht bereits in der Wissenschaft eine eigenständige Forschungsrichtung zum Matching von Ontologien (siehe Abschnitt 5.9.3.1), wodurch die Erstellung der Mappings unterstützt werden könnte. Dabei wäre zu untersuchen, wie zusätzliche Aspekte der Fachlichkeit eines Einsatzkontextes für gezieltere Empfehlungen einzubeziehen wären. Daneben könnte auch eine Untersuchung von Verfahren zur Konflikterkennung dabei unterstützen, mit Dubletten oder Widersprüchen innerhalb der Datenbasis umzugehen.

Ein weiterer möglicher Forschungsschwerpunkt betrifft die Ermittlung der Direktverbindungen vor der Auswertung (siehe Abschnitt 7.5.2.1). Es schließen sich hierbei weitergehende Fragestellungen an, etwa zu Kriterien für die Gestaltung der Heuristik oder zu der Auswahl von Algorithmen für die Ableitung der Direktverbindungen.

Außerdem stellen die Erhebung und die Dokumentation relevanter Kennzahlen für eine übergreifende Analyse auf Basis der Zuordnungselemente einen nächsten Forschungsschwerpunkt dar. Dies ist eng mit der Betrachtung weiterer Anwendungsfälle aus der Praxis verbunden.

Hinsichtlich der Einsatzmöglichkeit einer EA im Rahmen des strategischen Managements ergibt sich zudem eine Fragestellung, welche auf die nachgelagerte Nutzung des Analyseergebnisses abzielt. In der Regel sind die Informationen gegeben und es wird für den aktuellen Zustand ein Ratingergebnis ermittelt. Darüber hinaus könnte sich die Analyse auf einen Sollzustand beziehen. Für das strategische Management ist diesbezüglich aus Praxissicht eine Weiterentwicklung des Konzepts in Richtung einer Planungs- bzw. Simulationsmethodik relevant. Ausgangspunkt könnte dabei ein zuvor berechnetes Rating sein. Durch manuelle Variation der Ergebnisse könnten Auswirkungen auf die variablen Formelbestandteile und somit auf einzelne Architekturelemente betrachtet werden. Analog gilt dies für die manuelle Überschreibung von Kennzahlwerten, sodass sich die Auswirkung auf das Ratingergebnis beobachten lässt. Damit könnten Auswirkungen bestimmter Zielbilder näher betrachtet werden. Des Weiteren können durch die ganzheitliche Sichtweise sowohl verschiedene Perspektiven als auch die Auswirkungen auf die gesamte Menge der Untersuchungsobjekte berücksichtigt werden.

Der entwickelte Ansatz beschreibt die Grundlagen für eine lose gekoppelte Vernetzung und eine übergreifende Analyse von detaillierten Informationen eines Unternehmens. Er kann dadurch als Ausgangspunkt für darauf aufbauende Forschungsarbeiten über weiterführende Analysemethoden genutzt werden. Der Ausblick in diesem Abschnitt hebt bereits einige relevante Fragestellungen hervor. Darüber hinaus ergeben sich vielfältige und interessante Forschungsthemen, welche den Anwendungskontext des Ansatzes für die junge Disziplin der EA-Analyse weiter ausprägen können.



# Anhang I

## Datenquellen des Anwendungsfalls und ihre Vernetzung

---

I.1	Ausschnitt des EA-Vokabulars der Pfefferminzia in SKOS . . . . .	316
I.2	Beispielprozess modelliert mit ADONIS . . . . .	318
I.3	Beispielprozess modelliert mit Camunda Modeler . . . . .	319
I.4	Ausschnitt der RDF-Repräsentation der ADONIS-Prozessmodelle . . . . .	320
I.5	Ausschnitt aus dem D2RQ-Mapping-File für iTop . . . . .	321
I.6	Ausschnitt der RDF-Repräsentation von den iTop-Daten . . . . .	323
I.7	Ausschnitt der RDF-Repräsentation der Xymon-Statistiken . . . . .	324
I.8	Mappings zwischen BPMN-Quelle und EA-Vokabular . . . . .	325
I.9	Detailansicht eines Mappings zwischen BPMN-Konzept und Vokabularkonzept . . . . .	326

---

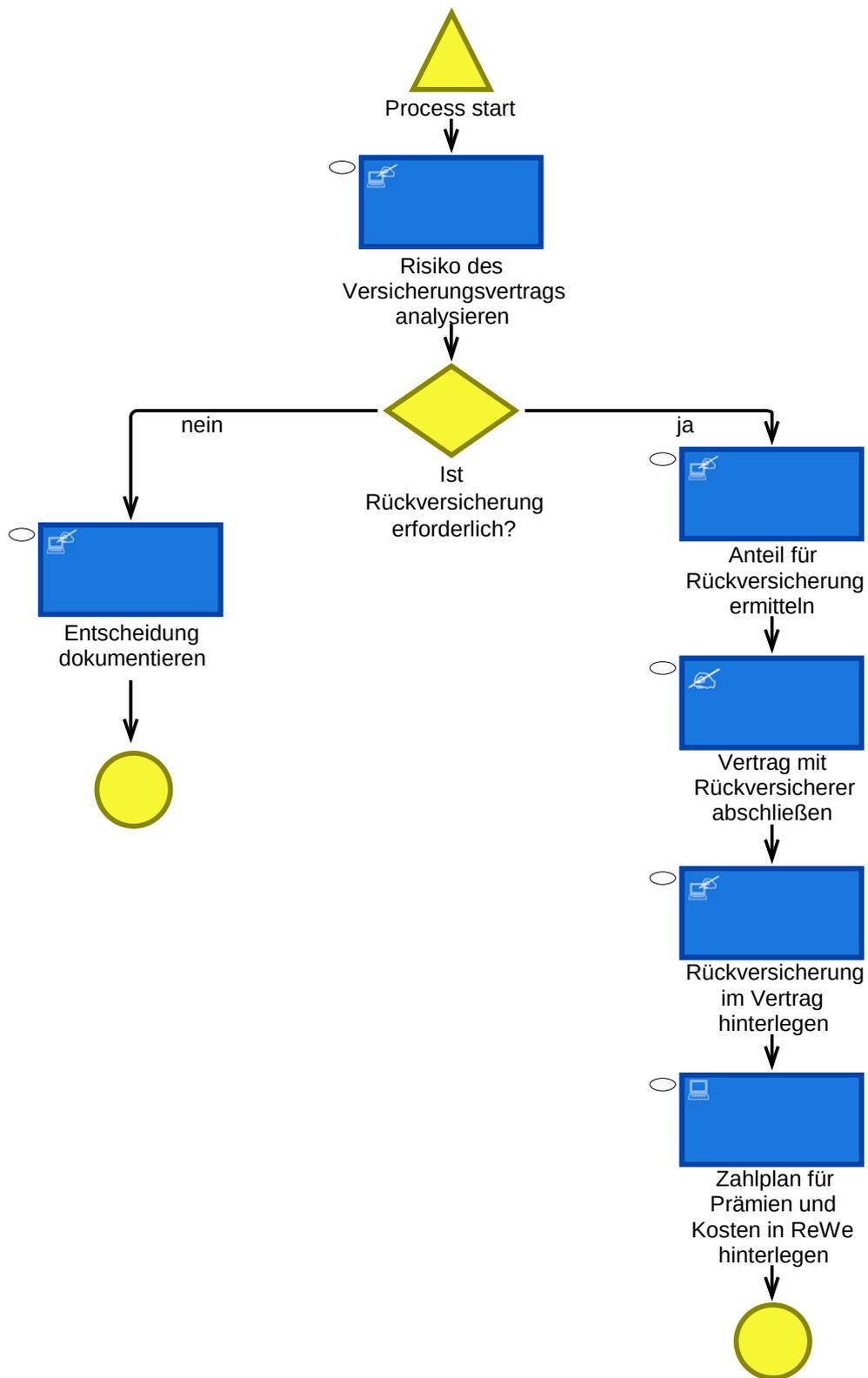
## I.1 Ausschnitt des EA-Vokabulars der Pfefferminzia in SKOS

**Listing I.1:** Ausschnitt des EA-Vokabulars der Pfefferminzia in SKOS als XML-Repräsentation

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
5   xmlns:skos="http://www.w3.org/2004/02/skos/core#"
6   xmlns:map="http://www.w3c.rl.ac.uk/2003/11/21-skos-mapping#"
7   xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/"
8   xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
9   <skos:ConceptScheme rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/">
10     <dc:title>EA-Vokabular</dc:title>
11     ...
12     <skos:hasTopConcept rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=1"/>
13     <skos:hasTopConcept rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=11"/>
14     <skos:hasTopConcept rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=16"/>
15     ...
16   </skos:ConceptScheme>
17   <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=1">
18     <skos:prefLabel xml:lang="de">Anwendungsarchitektur</skos:prefLabel>
19     <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/">
20     <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=2"/>
21     ...
22   </skos:Concept>
23   <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=11">
24     <skos:prefLabel xml:lang="de">Datenwerte</skos:prefLabel>
25     <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/">
26     <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=12"/>
27     ...
28   </skos:Concept>
29   <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=16">
30     <skos:prefLabel xml:lang="de">Geschäftsarchitektur</skos:prefLabel>
31     <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/">
32     <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=74"/>
33     <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=17"/>
34     ...
35   </skos:Concept>
36   <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=2">
37     <skos:prefLabel xml:lang="de">Anwendung</skos:prefLabel>
38     <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/">
39     <skos:related rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=42"/>
40     <skos:related rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=17"/>
41     <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=1"/>
42     ...
43   </skos:Concept>
44   <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=12">
45     <skos:prefLabel xml:lang="de">Kosten</skos:prefLabel>
46     <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/">
47     <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=11"/>
48     <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=13"/>
49     ...
50   </skos:Concept>
51   <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=13">
52     <skos:prefLabel xml:lang="de">IT-Kosten</skos:prefLabel>
53     <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/">
54     <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=12"/>
55     <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=42"/>
```

```
56     ...
57 </skos:Concept>
58 <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=42">
59   <skos:prefLabel xml:lang="de">IT-Sachkosten</skos:prefLabel>
60   <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/" />
61   <skos:related rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=2" />
62   <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=13" />
63   <skos:closeMatch>
64     <skos:Concept rdf:about="http://dbpedia.org/resource/Euro" />
65   </skos:closeMatch>
66   ...
67 </skos:Concept>
68 <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=17">
69   <skos:prefLabel xml:lang="de">Geschäftsfunktion</skos:prefLabel>
70   <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/" />
71   <skos:related rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=2" />
72   <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=16" />
73   ...
74 </skos:Concept>
75 <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=74">
76   <skos:prefLabel xml:lang="de">Aktivität Allgemein</skos:prefLabel>
77   <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/" />
78   <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=16" />
79   <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=59" />
80   <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=53" />
81   <skos:narrower rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=20" />
82   ...
83 </skos:Concept>
84 <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=59">
85   <skos:prefLabel xml:lang="de">Automatisierte Aktivität</skos:prefLabel>
86   <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/" />
87   <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=74" />
88   ...
89 </skos:Concept>
90 <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=53">
91   <skos:prefLabel xml:lang="de">IT-unterstützte Aktivität</skos:prefLabel>
92   <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/" />
93   <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=74" />
94   ...
95 </skos:Concept>
96 <skos:Concept rdf:about="http://localhost/tematres/vocab/?tema=20">
97   <skos:prefLabel xml:lang="de">Manuelle Aktivität</skos:prefLabel>
98   <skos:inScheme rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/" />
99   <skos:broader rdf:resource="http://localhost/tematres/vocab/?tema=74" />
100   ...
101 </skos:Concept>
102   ...
103 </rdf:RDF>
```

## I.2 Beispielprozess modelliert mit ADONIS



**Abbildung I.1:** Beispielprozess „Rückversicherung abschließen“ modelliert mit ADONIS (Quelle: Export des Prozesses aus ADONIS)

### I.3 Beispielprozess modelliert mit Camunda Modeler

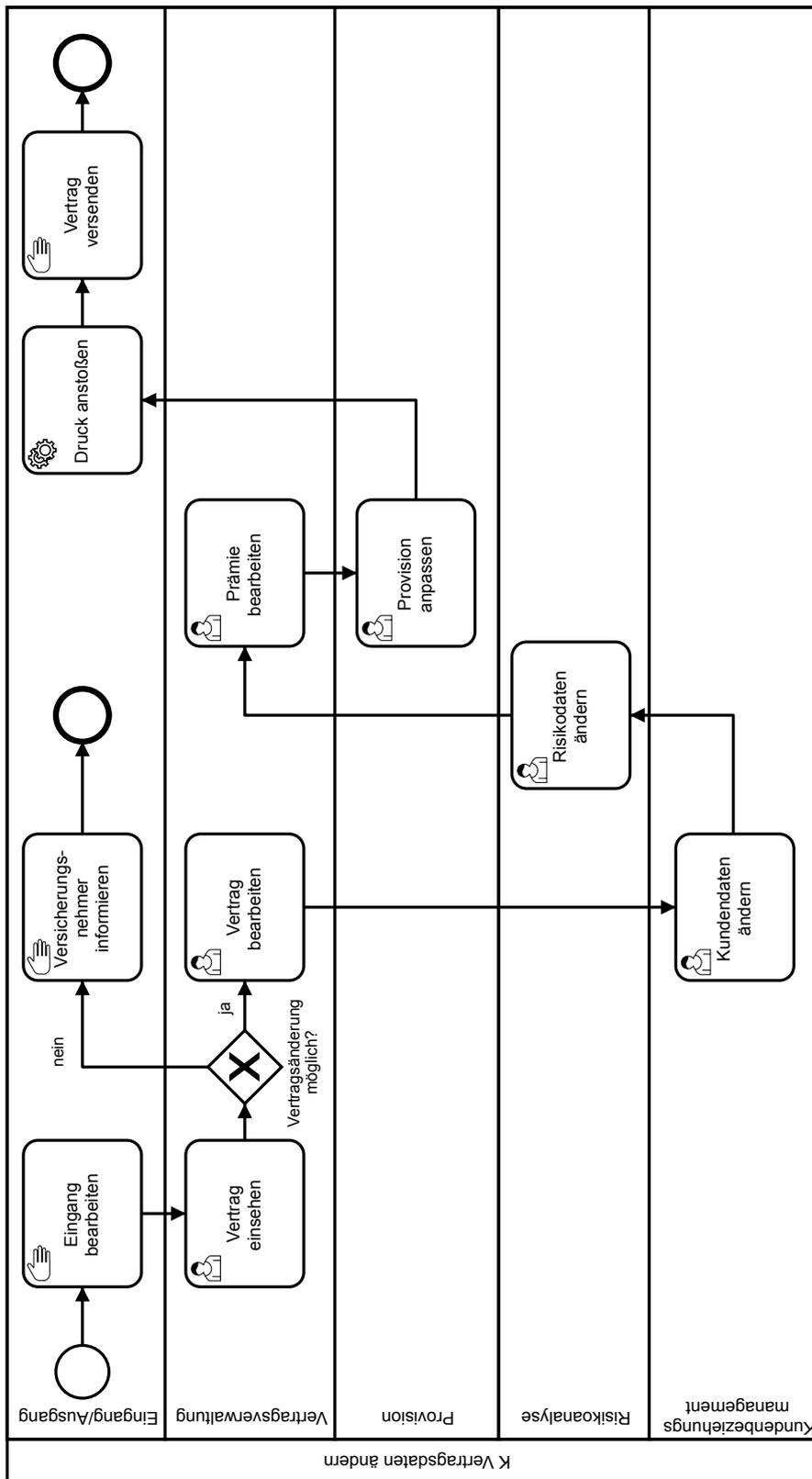


Abbildung I.2: Beispielprozess „K-Vertragsdaten ändern“ modelliert mit Camunda Modeler (Quelle: Export des Prozesses aus Camunda Modeler)

## I.4 Ausschnitt der RDF-Repräsentation der ADONIS-Prozessmodelle

**Listing I.2:** Ausschnitt der RDF-Repräsentation für die ADONIS-Prozessmodelle

```

1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
5   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
6   xmlns:adl="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#">
7
8   <rdf:Description rdf:about="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#Business_Function"
9     rdfs:label="Geschaeftsfunktion">
10    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
11  </rdf:Description>
12  <rdf:Description rdf:about="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#Process"
13    rdfs:label="Prozess">
14    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
15  </rdf:Description>
16  <rdf:Description rdf:about="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#Task"
17    rdfs:label="Task">
18    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
19  </rdf:Description>
20  ... weitere Definitionen ...
21  <rdf:Description rdf:about="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6"
22    rdfs:label="Rückversicherung abschließen">
23    <rdf:type rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#Process"/>
24    <adl:hasTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_1"/>
25    <adl:hasTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_2"/>
26    <adl:hasTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_3"/>
27    <adl:hasTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_4"/>
28    <adl:hasTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_5"/>
29    <adl:hasTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_6"/>
30  </rdf:Description>
31
32  <rdf:Description rdf:about="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_1"
33    rdfs:label="Risiko des Versicherungsvertrags analysieren">
34    <rdf:type rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#Activity"/>
35    <adl:classification>semi-automatic</adl:classification>
36    <adl:belongsToProcess rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6"/>
37    <adl:belongsTo rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_ZE_1"/>
38  </rdf:Description>
39  ... weitere Aktivitäten ...
40  <rdf:Description rdf:about="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_ZE_1"
41    rdfs:label="Risikoanalyse">
42    <rdf:type rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl#Business_Function"/>
43    <adl:representTask rdf:resource="http://adonis.pfefferminziaV.de/adl/process_6_1"/>
44  </rdf:Description>
45  ... weitere Zuordnungselemente ...
46  ... weitere Elemente ...
47
48  ... weitere Prozesse ...
49 </rdf:RDF>

```

## I.5 Ausschnitt aus dem D2RQ-Mapping-File für iTop

**Listing I.3:** Ausschnitt des D2RQ-Mapping-Files für die iTop-Datenbank

```
1 @prefix map: <#> .
2 @prefix db: <> .
3 @prefix vocab: <http://www.itop.de/cmdb#> .
4 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
5 @prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
6 @prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
7 @prefix d2rq: <http://www.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/D2RQ/0.1#> .
8 @prefix jdbc: <http://d2rq.org/terms/jdbc/> .
9
10 map:database a d2rq:Database;
11     d2rq:jdbcDriver ...Datenbank-Treiber...;
12     d2rq:jdbcDSN ...Connections-String...;
13     ...Verbindungs-Details...
14     .
15
16 # Table itop_applicationsolution
17 map:itop_applicationsolution a d2rq:ClassMap;
18     d2rq:dataStorage map:database;
19     d2rq:uriPattern "itop_applicationsolution/@@itop_applicationsolution.id@";
20     d2rq:class vocab:itop_applicationsolution;
21     d2rq:classDefinitionLabel "itop_applicationsolution";
22     .
23 map:itop_applicationsolution_id a d2rq:PropertyBridge;
24     d2rq:belongsToClassMap map:itop_applicationsolution;
25     d2rq:property vocab:itop_applicationsolution_id;
26     d2rq:propertyDefinitionLabel "itop_applicationsolution id";
27     d2rq:column "itop_applicationsolution.id";
28     d2rq:datatype xsd:integer;
29     .
30 ... weitere Informationen...
31     .
32 map:itop_applicationsolution_label a d2rq:PropertyBridge;
33     d2rq:belongsToClassMap map:itop_applicationsolution;
34     d2rq:property rdfs:label;
35     d2rq:column "itop_functionalci.name";
36     d2rq:propertyDefinitionLabel "itop_applicationsolution name";
37     d2rq:join "itop_functionalci.id = itop_applicationsolution.id";
38     .
39 map:itop_applicationsolution_serverRef a d2rq:PropertyBridge;
40     d2rq:belongsToClassMap map:itop_applicationsolution;
41     d2rq:property vocab:itop_applicationsolution_serverRef;
42     d2rq:uriPattern "itop_server/@@itop_functionalci.id@";
43     d2rq:propertyDefinitionLabel "itop_applicationsolution serverRef";
44     d2rq:join "itop_applicationsolution.id = itop_lnkapplicationsolutiontofunctionalci.
45         applicationsolution_id";
46     d2rq:join "itop_lnkapplicationsolutiontofunctionalci.functionalci_id = itop_functionalci.id
47         ";
48     .
49 # Table itop_server
50 map:itop_server a d2rq:ClassMap;
51     d2rq:dataStorage map:database;
52     d2rq:uriPattern "itop_server/@@itop_server.id@";
53     d2rq:class vocab:itop_server;
54     d2rq:classDefinitionLabel "itop_server";
55     .
```

```
54 map:itop_server__label a d2rq:PropertyBridge;
55   d2rq:belongsToClassMap map:itop_server;
56   d2rq:property rdfs:label;
57   d2rq:column "itop_functionalci.name";
58   d2rq:propertyDefinitionLabel "itop_server name";
59   d2rq:join "itop_functionalci.id = itop_server.id";
60   .
61 map:itop_server_id a d2rq:PropertyBridge;
62   d2rq:belongsToClassMap map:itop_server;
63   d2rq:property vocab:itop_server_id;
64   d2rq:propertyDefinitionLabel "itop_server id";
65   d2rq:column "itop_server.id";
66   d2rq:datatype xsd:integer;
67   .
68 ... weitere Informationen ...
69   .
```

## I.6 Ausschnitt der RDF-Repräsentation von den iTop-Daten

**Listing I.4:** Ausschnitt der RDF-Repräsentation von der iTop-Datenbank

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4   xmlns:db="file:///F:/itop/itop-daten.rdf"
5   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
6   xmlns:vocab="http://www.itop.de/cmdb#"
7   xmlns:map="file:///F:/itop/itop-daten.rdf#"
8   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
9   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
10  xml:base="file:///F:/itop/itop-daten.rdf#" >
11  ... weitere Beschreibungen...
12  <rdf:Description rdf:about="#itop_server/42">
13    <vocab:itop_server_osversion_id rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">0</
14    vocab:itop_server_osversion_id>
15    <vocab:itop_server_id rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">42</vocab:
16    itop_server_id>
17    ... weitere Inhalte ...
18    <rdf:type rdf:resource="http://www.itop.de/cmdb#itop_server"/>
19    <rdfs:label>VUSRVBESTAND</rdfs:label>
20  </rdf:Description>
21  ... weitere Beschreibungen...
22  <rdf:Description rdf:about="#itop_applicationsolution/6">
23    <vocab:itop_applicationsolution_serverRef rdf:resource="#itop_server/42"/>
24    <vocab:itop_applicationsolution_id rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer
25    ">6</vocab:itop_applicationsolution_id>
26    ... weitere Inhalte ...
27    <rdf:type rdf:resource="http://www.itop.de/cmdb#itop_applicationsolution"/>
28    <rdfs:label>Bestandsführungssystem</rdfs:label>
29  </rdf:Description>
30  ... weitere Beschreibungen...
31  </rdf:RDF>
```

## I.7 Ausschnitt der RDF-Repräsentation der Xymon-Statistiken

**Listing I.5:** Ausschnitt der RDF-Repräsentation der Xymon-Statistiken

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
5   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
6   xmlns:xymon="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/"
7   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
8   xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
9   ... weitere Beschreibungen ...
10 <rdf:Description rdf:about="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/13">
11   <rdf:type rdf:resource="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats#Server"/>
12   <xymon:isServer>VUSRVBESTAND</xymon:isServer>
13 </rdf:Description>
14
15 <rdf:Description rdf:about="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/Availability13">
16   <rdf:type rdf:resource="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats#Availability"/>
17   <rdf:value rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double">99.42</rdf:value>
18 </rdf:Description>
19
20 <rdf:Description rdf:about="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/13">
21   <xymon:hasAvailability rdf:resource="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/Availability13"/>
22 </rdf:Description>
23
24 <rdf:Description rdf:about="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/Downtime13">
25   <rdf:type rdf:resource="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats#Downtime"/>
26   <rdf:value rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double">0.58</rdf:value>
27 </rdf:Description>
28
29 <rdf:Description rdf:about="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/13">
30   <xymon:hasDowntime rdf:resource="http://xymon.pfefferminziaV.de/stats/Downtime13"/>
31 </rdf:Description>
32
33   ... weitere Beschreibungen ...
34
35 </rdf:RDF>
```

## I.8 Mappings zwischen BPMN-Quelle und EA-Vokabular

The screenshot shows the EAAP interface with the following components:

- Navigation:** A sidebar on the left with options: Setup, Alignment, Gewichtung, Rating, Beziehungen, and About.
- Header:** Navigation buttons for '< Zurück', 'Modell' (set to 'Camunda Prozesse'), 'Vokabular' (set to 'EA-Vokabular'), and a 'Laden' button.
- Workspace:** Two panels are visible. The left panel, 'Camunda Prozesse', contains elements like 'Geschäftsfunktion', 'Task', 'Akteur', 'Prozess', and 'Einheit'. The right panel, 'EA-Vokabular', contains elements like 'Geschäftsfunktion', 'Geschäftsregel', 'Anwendu', 'Manuelle Aktivität', 'Anwendung', 'IT-unterstützte Aktivität', 'Technische Architektur', 'Automatisierte Aktivität', 'Geschäftsprozess', 'Sparte', 'Aktivität Allgemein', and 'Organisationse'. Arrows indicate mappings from 'Task' to 'Manuelle Aktivität', 'IT-unterstützte Aktivität', and 'Automatisierte Aktivität', and from 'Prozess' to 'Geschäftsprozess'.
- Table:** A table at the bottom summarizes the mappings.

Modell	Element	Richtung	Modell	Element	Aktionen
Camunda Prozesse	Task	→	EA-Vokabular	Manuelle Aktivität	
Camunda Prozesse	Task	→	EA-Vokabular	IT-unterstützte Aktivität	
Camunda Prozesse	Task	→	EA-Vokabular	Automatisierte Aktivität	
Camunda Prozesse	Prozess	→	EA-Vokabular	Geschäftsprozess	
Camunda Prozesse	Geschäftsfunktion	→	EA-Vokabular	Geschäftsfunktion	

**Abbildung I.3:** Mappings zwischen BPMN-Quelle und EA-Vokabular im EAAP-Prototyp (Quelle: Screenshot des Prototyps)

## I.9 Detailansicht eines Mappings zwischen BPMN-Konzept und Vokabularkonzept

The screenshot displays the EAAP (Enterprise Architectural Analysis Platform) interface. A modal dialog titled "Verbindungseigenschaften" (Connection Properties) is open, showing the configuration for a mapping between "Camunda Prozesse" and "EA-Vokabular".

The dialog has three tabs: "Restriktionen", "Properties", and "Schlüssel". The "Properties" tab is selected. It shows a table with the following columns: Typ, Klasse, Property, Operator, Wert, and Aktion.

Typ	Klasse	Property	Operator	Wert	Aktion
Wert	Task	Tasktyp ist	=	manualTask	✕

Below the table is a "+ Neue Zeile" button. The dialog also has a "Schließen" button at the bottom right.

The background shows a navigation menu on the left with items like "Setup", "Alignment", "Gewichtung", "Rating", "Beziehungen", and "About". At the bottom, a table lists mappings between models and elements:

Modell	Element	Richtung	Modell	Element	Aktionen
Camunda Prozesse	Task	→	EA-Vokabular	Manuelle Aktivität	✎ ✕
Camunda Prozesse	Task	→	EA-Vokabular	IT-unterstützte Aktivität	✎ ✕
Camunda Prozesse	Task	→	EA-Vokabular	Automatisierte Aktivität	✎ ✕

**Abbildung I.4:** Detailansicht eines Mappings zwischen einem BPMN-Konzept und einem Vokabularkonzept im EAAP-Prototyp (Quelle: Screenshot des Prototyps)

# Anhang II

## Kennzahlen des Anwendungsfalls und ihre Analyse

---

II.1	Kennzahlen der Pfefferminzia zur Bewertung der Geschäftsfunktionen . . . . .	328
II.2	Auszug aus den Ratingergebnissen für die Geschäftsfunktionen . . . . .	329
II.3	Detailansicht der Teilratings für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“ . . . . .	330

---

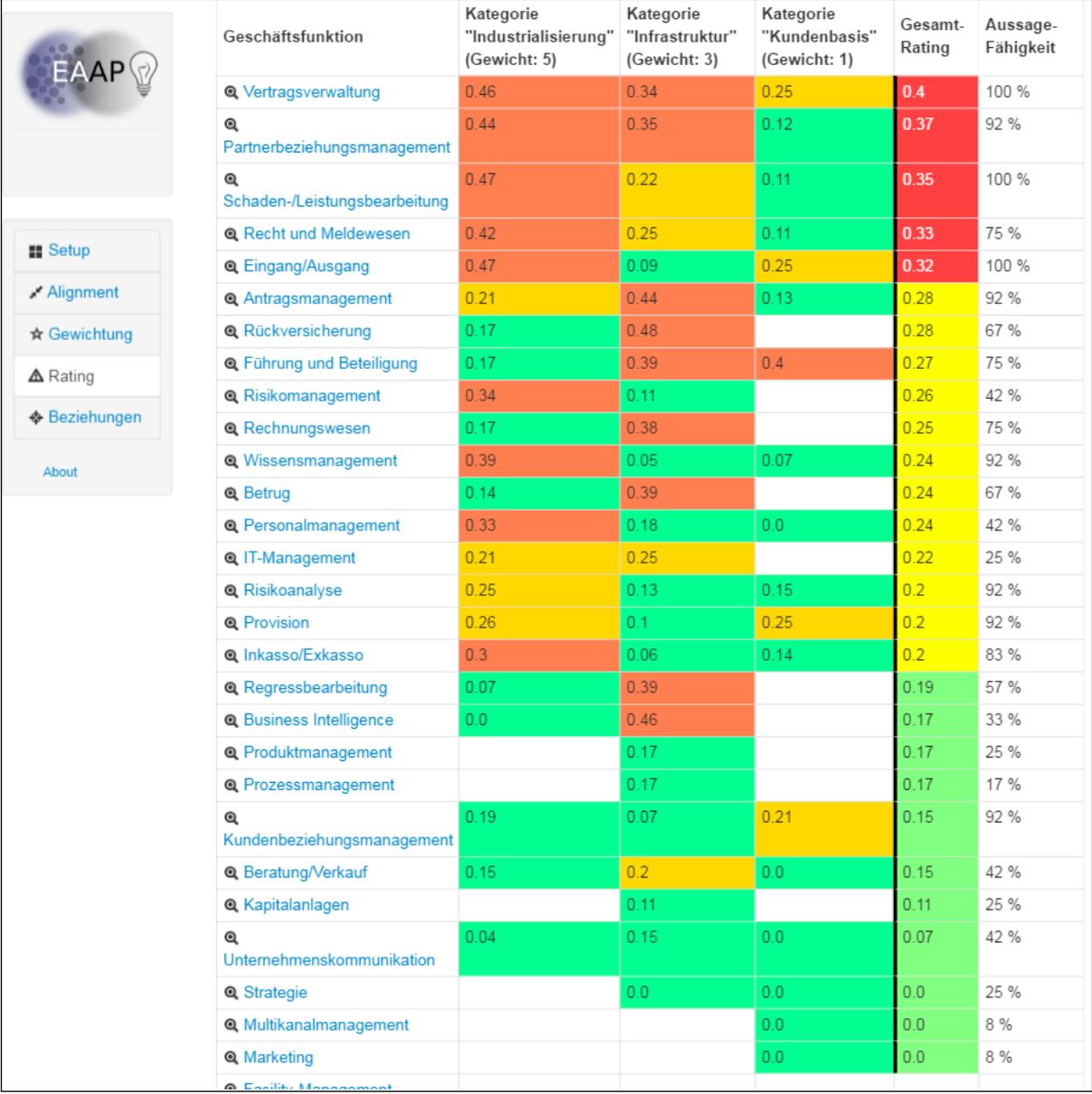
## II.1 Kennzahlen der Pfefferminzia zur Bewertung der Geschäftsfunktionen

1. Industrialisierung: Anstreben eines höheren Grads an Industrialisierung
  - 1.1 Automatisierungsgrad Tätigkeiten** Anteil automatisierter Tätigkeiten an Gesamtanzahl der Tätigkeiten
  - 1.2 Effektive Bearbeitungszeit** Bearbeitungszeit der Prozesse relativ zur Signifikanz<sup>1</sup>
  - 1.3 Relative Risikobewertung nach und vor Durchführung IKS-Maßnahmen**  
Betrachtung der Risikobewertung nach der Durchführung von Maßnahmen des Internen-Kontroll-Systems verglichen mit der Bewertung vor Durchführung
  - 1.4 Effizienz des Einsatzes der Mitarbeiterkapazitäten** Betrachtung der Effizienz des Mitarbeitereinsatzes bezüglich der Mitarbeiterkapazitäten, in Relation zur Anzahl der manuellen und teil-automatischen Tätigkeiten
  - 1.5 Fallabschlussquote der Prozesse** Betrachtung der Fallabschlussquoten
2. Infrastruktur: Optimierung der Infrastruktur
  - 2.1 Anzahl verschiedener Anwendungen** Anzahl der verwendeten, unterschiedlichen Anwendungen
  - 2.2 Verfügbarkeit der beteiligten Systeme** Betrachtung der jeweils geringsten/ schlechtesten Verfügbarkeiten von beteiligten Systemen
  - 2.3 IT-Kosten pro IT-gestützter und automatisierter Tätigkeit** Verteilung der IT-Kosten auf die in den Prozessen genutzten, automatisierten und IT-gestützten Tätigkeiten
  - 2.4 Geringste relative Gesamtkosten** Betrachtung der relativen Gesamtkosten bestehend aus Fach und IT (Personal und Sachkosten) in Relation zu den vorhandenen Prozessen, Anwendungen und Servern
3. Kundenbasis: Ausbauen der Kundenbasis
  - 3.1 Kundenzufriedenheit** Betrachtung der Kundenzufriedenheit
  - 3.2 Nutzbarkeit durch mehrere Kanäle** Anzahl der angebotenen Kanäle
  - 3.3 Beschwerden relativ zur Anzahl Verträge** Anteil der Beschwerden an der Menge der verwalteten Verträge

---

<sup>1</sup>Signifikanz meint das Ergebnis der Gewichtung, siehe Abschnitt 9.5.5

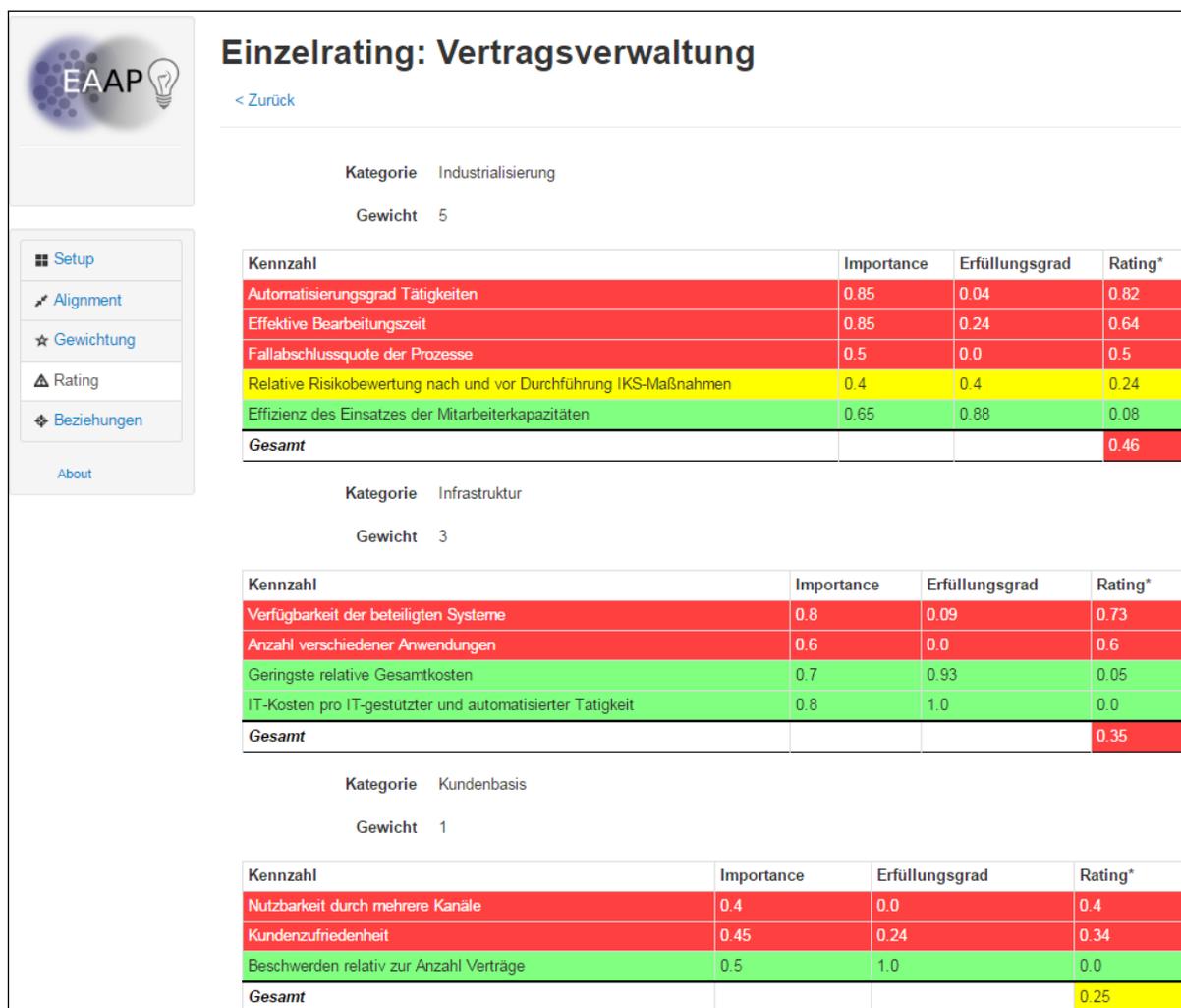
## II.2 Auszug aus den Ratingergebnissen für die Geschäftsfunktionen



Geschäftsfunktion	Kategorie "Industrialisierung" (Gewicht: 5)	Kategorie "Infrastruktur" (Gewicht: 3)	Kategorie "Kundenbasis" (Gewicht: 1)	Gesamt- Rating	Aussage- Fähigkeit
Vertragsverwaltung	0.46	0.34	0.25	0.4	100 %
Partnerbeziehungsmanagement	0.44	0.35	0.12	0.37	92 %
Schaden-/Leistungsbearbeitung	0.47	0.22	0.11	0.35	100 %
Recht und Meldewesen	0.42	0.25	0.11	0.33	75 %
Eingang/Ausgang	0.47	0.09	0.25	0.32	100 %
Antragsmanagement	0.21	0.44	0.13	0.28	92 %
Rückversicherung	0.17	0.48		0.28	67 %
Führung und Beteiligung	0.17	0.39	0.4	0.27	75 %
Risikomanagement	0.34	0.11		0.26	42 %
Rechnungswesen	0.17	0.38		0.25	75 %
Wissensmanagement	0.39	0.05	0.07	0.24	92 %
Betrug	0.14	0.39		0.24	67 %
Personalmanagement	0.33	0.18	0.0	0.24	42 %
IT-Management	0.21	0.25		0.22	25 %
Risikoanalyse	0.25	0.13	0.15	0.2	92 %
Provision	0.26	0.1	0.25	0.2	92 %
Inkasso/Exkasso	0.3	0.06	0.14	0.2	83 %
Regressbearbeitung	0.07	0.39		0.19	57 %
Business Intelligence	0.0	0.46		0.17	33 %
Produktmanagement		0.17		0.17	25 %
Prozessmanagement		0.17		0.17	17 %
Kundenbeziehungsmanagement	0.19	0.07	0.21	0.15	92 %
Beratung/Verkauf	0.15	0.2	0.0	0.15	42 %
Kapitalanlagen		0.11		0.11	25 %
Unternehmenskommunikation	0.04	0.15	0.0	0.07	42 %
Strategie		0.0	0.0	0.0	25 %
Multikanalmanagement			0.0	0.0	8 %
Marketing			0.0	0.0	8 %
Facility Management					

**Abbildung II.1:** Ausschnitt der Ratingergebnisse für die Geschäftsfunktionen der Pfefferminzia im EAAP-Prototyp (Quelle: Screenshot des Prototyps)

## II.3 Detailansicht der Teilratings für die Geschäftsfunktion „Vertragsverwaltung“



# Literatur

- [AAL12] ABRAHAM, Ralf; AIER, Stephan; LABUSCH, Nils. Enterprise Architecture as a Means for Coordination – An Empirical Study on Actual and Potential Practice. In: *MCIS 2012 Proceedings* [online]. Paper 33, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://aisel.aisnet.org/mcis2012/33>.
- [Aga11] AGARTZ, Jörg. Erfahrungen mit dem Geschäftsprozessmanagement-Modell bei den Basler Versicherungen. In: GENSCH, Christian; MOORMANN, Jürgen; WEHN, Robert (Hrsg.). *Prozessmanagement in der Assekuranz*. Frankfurt am Main: Frankfurt School Verlag, 2011, S. 117–133.
- [ARW08] AIER, Stephan; RIEGE, Christian; WINTER, Robert. Unternehmensarchitektur – Literaturüberblick und Stand der Praxis. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* [online]. 2008, **50**(4), S. 292–304 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1861-8936. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s11576-008-0062-9.
- [AW09] AIER, Stephan; WINTER, Robert. Virtuelle Entkopplung von fachlichen und IT-Strukturen für das IT/Business Alignment – Grundlagen, Architekturgestaltung und Umsetzung am Beispiel der Domänenbildung. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* [online]. 2009, **51**(2), S. 175–191 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1861-8936. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s11576-008-0115-0.
- [AWW12] AIER, Stephan; WINTER, Robert; WORTMANN, Felix. Entwicklungsstufen des Unternehmensarchitekturmanagements. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* [online]. 2012, **49**(2), S. 15–23 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 2198-2775. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/BF03340678.
- [AKV01] AK-VAA. *VAA Final Edition: Managementsummary: Version 2.1 prozedural, Version 2.0 objektorientiert* [online]. Technischer Bericht. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.: Berlin, 2001 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://web.archive.org/web/20041129043226/http://www.gdv-online.de:80/vaa/vaafe\\_html/dokument/asummary.pdf](https://web.archive.org/web/20041129043226/http://www.gdv-online.de:80/vaa/vaafe_html/dokument/asummary.pdf). (Archiviertes Dokument im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Dokument ist unter der ursprünglichen Adresse ([http://www.gdv-online.de/vaa/vaafe\\_html/dokument/asummary.pdf](http://www.gdv-online.de/vaa/vaafe_html/dokument/asummary.pdf)) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 27.08.2017).
- [AH11] ALLEMANG, Dean; HENDLER, Jim. *Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL*. 2nd ed. Amsterdam (NL) u. a.: Morgan Kaufmann Publishers/Elsevier, 2011.
- [And77] ANDREASEN, Alan R. A Taxonomy of Consumer Satisfaction/Dissatisfaction Measures. *Journal of Consumer Affairs* [online]. 1977, **11**(2), S. 11–24 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1745-6606. Verfügbar unter: DOI: 10.1111/j.1745-6606.1977.tb00612.x.
- [Av08] ANTONIOU, Grigoris; VAN HARMELEN, Frank. *A Semantic Web Primer*. 2nd ed. Cambridge, MA (US) und London (UK): MIT Press, 2008, Cooperative Information Systems.

- [Ant+15] ANTUNES, Gonalo; BARATEIRO, José; CAETANO, Artur; BORBINHA, José. Analysis of Federated Enterprise Architecture Models. In: *ECIS 2015 Completed Research Papers* [online]. Paper 10, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://aisel.aisnet.org/ecis2015\\_cr/10](http://aisel.aisnet.org/ecis2015_cr/10).
- [ACB16] ANTUNES, Gonalo; CAETANO, Artur; BORBINHA, José. An Application of Semantic Techniques to the Analysis of Enterprise Architecture Models. In: BUI, Tung X.; SPRAGUE Jr., Ralph H. (Hrsg.). *Proceedings of the 49th Annual Hawaii International Conference on System Sciences; 5–8 January 2016; Kauai, Hawaii* [online]. Los Alamitos, CA (US), Washington D.C. (US) und Tokyo (JP): IEEE Computer Society, 2016, S. 4536–4545 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/HICSS.2016.564.
- [App99] APPEL, Andrew W. *Modern Compiler Implementation in Java*. Rev. and expanded ed. of: *Modern Compiler Implementation in Java: Basic Techniques*, Reprinted with corrections. Cambridge (UK), New York, NY (US) und Melbourne (AU): Cambridge University Press, 1999.
- [AG98] ARCHER, Norman P.; GHASEMZADEH, Fereidoun. A decision support system for project portfolio selection. *International Journal of Technology Management*. 1998, **16**(1/2/3), S. 105–114. ISSN 0267-5730.
- [Asc10a] ASCHENBRENNER, Michael. Architekturen – Eine Einführung. In: ASCHENBRENNER, Michael; DICKE, Ralph; KARNARSKI, Bertel; SCHWEIGGERT, Franz (Hrsg.). *Informationsverarbeitung in Versicherungsunternehmen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, S. 127–136 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-04321-5\_10.
- [Asc10b] ASCHENBRENNER, Michael. Informationsverarbeitung – Überblick. In: ASCHENBRENNER, Michael; DICKE, Ralph; KARNARSKI, Bertel; SCHWEIGGERT, Franz (Hrsg.). *Informationsverarbeitung in Versicherungsunternehmen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, S. 15–25 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-04321-5\_2.
- [APU14] AUER, Sören; PIETZSCH, Rene; UNBEHAUEN, Jörg. Datenintegration im Unternehmen mit Linked Enterprise Data. In: PELLEGRINI, Tassilo; SACK, Harald; AUER, Sören (Hrsg.). *Linked Enterprise Data: Management und Bewirtschaftung vernetzter Unternehmensdaten mit Semantic Web Technologien* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, X.media.press, S. 85–101 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-30274-9\_4.
- [Aus16] AUSSCHUSS BETRIEBSWIRTSCHAFT UND INFORMATIONSTECHNOLOGIE, GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E. V. *Ergebnisse der GDV-Erhebung „IT-Kennzahlen 2014 - 2016“, Band 46 der Schriftenreihe Betriebswirtschaft und Informationstechnologie des GDV* [online]. Technischer Bericht. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.: Berlin, 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.gdv.de/resource/blob/9078/bf65b70cc859769899d2dcf739a7a10f/download--pdf--1305519993-data.pdf>.
- [Bac03] BACON, Donald R. A comparison of approaches to Importance-Performance Analysis. *International Journal of Market Research*. 2003, **45**(1), S. 55–71. ISSN 1470-7853.

- [BaF17] BAFIN - BUNDESANSTALT FÜR FINANZDIENSTLEISTUNGSAUFSICHT. *Rundschreiben 09/2017 (BA) - Mindestanforderungen an das Risikomanagement - MaRisk* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Rundschreiben/2017/rs\\_1709\\_marisk\\_ba.html](https://www.bafin.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen/DE/Rundschreiben/2017/rs_1709_marisk_ba.html).
- [Bak+13] BAKER, Thomas; BECHHOFER, Sean; ISAAC, Antoine; MILES, Alistair; SCHREIBER, Guus; SUMMERS, Ed. Key choices in the design of Simple Knowledge Organization System (SKOS). *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* [online]. 2013, **20**, S. 35–49 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1570-8268. Verfügbar unter: DOI: 10.1016/j.websem.2013.05.001.
- [Bak+14] BAKHSHADEH, Marzieh; MORAIS, André; CAETANO, Artur; BORBINHA, José. Ontology Transformation of Enterprise Architecture Models. In: CAMARINHA-MATOS, Luis M.; BARRENTO, Nuno S.; MENDONÇA, Ricardo (Hrsg.). *Technological Innovation for Collective Awareness Systems: 5th IFIP WG 5.5/SOCOLNET Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, DoCEIS 2014, Costa de Caparica, Portugal, April 7-9, 2014. Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Bd. 423, S. 55–62 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-54734-8\_7.
- [BPB16] BAKHSHANDEH, Marzieh; PESQUITA, Catia; BORBINHA, José. An Ontological Matching Approach for Enterprise Architecture Model Analysis. In: ABRAMOWICZ, Witold; ALT, Rainer; FRANCCZYK, Bogdan (Hrsg.). *Business Information Systems: 19th International Conference, BIS 2016, Leipzig, Germany, July, 6-8, 2016, Proceedings* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2016, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 255, S. 315–326 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-39426-8\_25.
- [Bar10a] BARKOW, Reinhard. EAM-Strategie. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposion, 2010, S. 49–79.
- [Bar10b] BARKOW, Reinhard. Grundlagen von EAM. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposion, 2010, S. 15–47.
- [Bas13] BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. *Principles for effective risk data aggregation and risk reporting* [online]. Guidelines, BCBS 239. Bank for International Settlements: Basel (CH), 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.bis.org/publ/bcbs239.pdf>.
- [Bas03] BASLER AUSSCHUSS FÜR BANKENAUF SICHT. *Die Neue Basler Eigenkapitalvereinbarung - Konsultationspapier* [online]. Konsultationspapier. Bank for International Settlements: Basel (CH), 2003 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.bis.org/bcbs/cp3fullde.pdf>. Übersetzung der Deutschen Bundesbank.
- [BB12] BASTEN, David; BRONS, Dorothea. EA frameworks, modelling and tools. In: AHLEMANN, Frederik; STETTINER, Eric; MESSERSCHMIDT, Marcus; LEGNER, Christine (Hrsg.). *Strategic Enterprise Architecture Management: Challenges, Best Practices, and Future Developments* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, Management for Professionals, S. 201–227 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-24223-6\_8.

- [BG04] BAUER, Andreas; GÜNZEL, Holger (Hrsg.). *Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung*. 2., überarb. und aktualisierte Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2004.
- [BAW13] BAYER, Franz; APPELHANS, Lea; WOLF, Eva. Prinzipien für die Gestaltung der Prozessarchitektur. In: BAYER, Franz; KÜHN, Harald (Hrsg.). *Prozessmanagement für Experten: Impulse für aktuelle und wiederkehrende Themen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Gabler/ Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 37–55 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-36995-7\_3.
- [Bea16a] BEAUVOIR, Phillip. *Archi Spotlight – Archi Supports the Government of New Brunswick’s EA Program* [online]. 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.archimatetool.com/blog/2016/05/16/archi-spotlight-archi-supports-the-government-of-new-brunswicks-ea-program/>.
- [Bea16b] BEAUVOIR, Phillip. *Archi - The Free ArchiMate Modelling Tool: User Guide, Version 3.3.2* [online]. Anleitung. 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20170311135650/http://www.archimatetool.com/downloads/latest/Archi%20User%20Guide.pdf>. (Archiviertes Dokument im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Dokument ist unter der ursprünglichen Adresse (<https://www.archimatetool.com/downloads/release/v3/Archi%20User%20Guide.pdf>) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 27.08.2017).
- [Bea18a] BEAUVOIR, Phillip. *Archi - ArchiMate Modelling: What’s New in Archi 4.x* [online]. Anleitung. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.archimatetool.com/downloads/What's%20New%20in%20Archi.pdf>.
- [Bea18b] BEAUVOIR, Phillip. *Archi | Open Source ArchiMate Modelling* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.archimatetool.com>.
- [Bea18c] BEAUVOIR, Phillip. *Developer Documentation · archimatetool/archi Wiki · GitHub* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://github.com/archimatetool/archi/wiki/Developer-Documentation>.
- [Bea18d] BEAUVOIR, Phillip. *Developing Import and Export Plug ins · archimatetool/archi Wiki · GitHub* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://github.com/archimatetool/archi/wiki/Developing-Import-and-Export-Plug-ins>.
- [Bea18e] BEAUVOIR, Phillip. *FAQ - Archi* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.archimatetool.com/faq/>.
- [Bea18f] BEAUVOIR, Phillip. *Importing the Code · archimatetool/archi Wiki · GitHub* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://github.com/archimatetool/archi/wiki/Importing-the-Code>.
- [BST18] BEAUVOIR, Phillip; SARRODIE, Jean-Baptiste; THE OPEN GROUP. *Archi - The Free ArchiMate Modelling Tool: User Guide, Version 4.3.1* [online]. Anleitung. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.archimatetool.com/downloads/Archi%20User%20Guide.pdf>.
- [BM08] BECHHOFER, Sean; MILES, Alistair. *Using OWL and SKOS: May 2008* [online]. Technischer Bericht. W3C, 2008 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2006/07/SWD/SKOS/skos-and-owl/master.html>.
- [Bec+14] BECKETT, David; BERNERS-LEE, Tim; PRUD’HOMMEAUX, Eric; CAROTHERS, Gavin. *RDF 1.1 Turtle: Terse RDF Triple Language: W3C Recommendation 25 February 2014* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2014/REC-turtle-20140225/>.

- [BMH05] BEIMBORN, Daniel; MARTIN, Sebastian F.; HOMANN, Ulrich. Capability-oriented Modeling of the Firm. In: *Proceedings of the IPSI 2005 Conference; Amalfi/Italy* [online; ohne Seitenangaben]. 2005 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.wi-frankfurt.de/publikationenNeu/CapabilityorientedModelingoft1256.pdf>.
- [Ber06] BERNERS-LEE, Tim. *Backward and Forward links in RDF just as important | Decentralized Information Group (DIG) Breadcrumbs* [online]. 2006 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20170715050127/http://dig.csail.mit.edu/breadcrumbs/node/72>. (Archivierte Webseite im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Internetseite ist unter der ursprünglichen Adresse (<http://dig.csail.mit.edu/breadcrumbs/node/72>) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 15.07.2017).
- [BFM05] BERNERS-LEE, Tim; FIELDING, Roy T.; MASINTER, Larry. *Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax* [online]. Request for Comments, RFC 3986. The Internet Society, 2005 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc3986>.
- [BHL01] BERNERS-LEE, Tim; HENDLER, James; LASSILA, Ora. The Semantic Web. *Scientific American* [online]. 2001, **284**(5), S. 34–43 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0036-8733. Verfügbar unter: DOI: 10.1038/scientificamerican0501-34.
- [BMM94] BERNERS-LEE, Tim; MASINTER, Larry; MCCAILL, Mark (Hrsg.). *Uniform Resource Locators (URL)* [online]. Request for Comments, RFC 1738. Internet Engineering Task Force, 1994 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc1738>.
- [BN03] BERNUS, Peter; NEMES, Laszlo. Introduction. In: BERNUS, Peter; NEMES, Laszlo; SCHMIDT, Günter (Hrsg.). *Handbook on Enterprise Architecture* [online]. Berlin, Heidelberg und New York, NY (US): Springer Berlin Heidelberg, 2003, International Handbooks on Information Systems, S. 1–17 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-24744-9\_1.
- [BFa10] B’FAR, Reza. Scalable Reasoning Techniques for Semantic Enterprise Data. In: WOOD, David (Hrsg.). *Linking Enterprise Data* [online]. New York, NY (US) u. a.: Springer Science+Business Media, 2010, S. 127–147 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-1-4419-7665-9\_7.
- [BS04] BIZER, Christian; SEABORNE, Andy. D2RQ – Treating Non-RDF Databases as Virtual RDF Graphs. In: *3rd International Semantic Web Conference (ISWC2004), 7-11 November 2004, Poster Track* [online]. Hiroshima (JP), 2004 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://iswc2004.semanticweb.org/posters/PID-SMCVRKBT-1089637165.pdf>.
- [BiZ18] BIZZDESIGN. *Enterprise Architecture Software Tools* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://bizzdesign.com/products/enterprise-studio/enterprise-architecture-software-tools/>.
- [BPS12] BJEKOVIĆ, Marija; PROPER, Henderik A.; SOTTET, Jean-Sébastien. Towards a coherent enterprise modelling landscape. In: SANDKUHL, Kurt; SEIGERROTH, Ulf; STIRNA, Janis (Hrsg.). *Emerging Topics in the Practice of Enterprise Modeling - 5th IFIP WG 8.1 Working Conference, PoEM 2012; Rostock, Germany, November 7-8, 2012; Short Paper Proceedings* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2012, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 933, S. 25–36 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ceur-ws.org/Vol-933/PoEM2012\\_ShortPaper\\_Proceedings.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-933/PoEM2012_ShortPaper_Proceedings.pdf).

- [BGG04] BLEYMÜLLER, Josef; GEHLERT, Günther; GÜLICHER, Herbert. *Statistik für Wirtschaftswissenschaftler*. 14., überarb. Aufl. München: Vahlen, 2004, WiSt-Studienkurs.
- [Blu14] BLUMAUER, Andreas. Linked Data in Unternehmen. Methodische Grundlagen und Einsatzszenarien. In: PELLEGRINI, Tassilo; SACK, Harald; AUER, Sören (Hrsg.). *Linked Enterprise Data: Management und Bewirtschaftung vernetzter Unternehmensdaten mit Semantic Web Technologien* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, X.media.press, S. 3–20 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-30274-9\_1.
- [BOC12] BOC PRODUCTS & SERVICES AG. *ADONIS - Business Process Management Toolkit - Version 5.0 - Onlinehilfe*. Wien (AT), 2012. Bestandteil der Anwendung ADONIS.
- [BOC18] BOC PRODUCTS & SERVICES AG. *ADONIS: Geschäftsprozessmanagement der nächsten Dimension | BOC DE* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://de.boc-group.com/adonis/>.
- [Bon05] BONHAM, Stephen S. *IT Project Portfolio Management*. Boston, MA (US) und London (UK): Artech House, 2005, Artech House effective project management series.
- [BRJ06] BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. *Das UML Benutzerhandbuch. Aktuell zur Version 2.0*. München u. a.: Addison-Wesley, 2006, Programmer's choice.
- [Bra10] BRANDT, Björn. *Make-or-Buy bei Anwendungssystemen: Eine empirische Untersuchung der Entwicklung und Wartung betrieblicher Anwendungssoftware* [online]. Wiesbaden: Gabler, 2010, Gabler Research (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8349-8603-0.
- [BW05] BRAUN, Christian; WINTER, Robert. A Comprehensive Enterprise Architecture Metamodel and Its Implementation Using a Metamodeling Platform. In: DESEL, Jörg; ULRICH, Frank (Hrsg.). *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures, Proceedings of the Workshop in Klagenfurt, Austria, 24.- 25. October 2005, GI-Edition Lecture Notes (LNI)* [online]. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2005, GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI), Bd. P-75, S. 64–79 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings75/GI-Proceedings.75-5.pdf>.
- [BG14] BRICKLEY, Dan; GUHA, R.V. (Hrsg.). *RDF Schema 1.1: W3C Recommendation 25 February 2014* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2014/REC-rdf-schema-20140225/>.
- [Bru09] BRUGGER, Ralph. *Der IT Business Case: Kosten erfassen und analysieren, Nutzen erkennen und quantifizieren, Wirtschaftlichkeit nachweisen und realisieren* [online]. 2., korr. und erw. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, Xpert.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-93858-3.
- [Bru00] BRUHN, Manfred. Qualitätssicherung im Dienstleistungsmarketing - eine Einführung in die theoretischen und praktischen Probleme. In: BRUHN, Manfred; STAUSS, Bernd (Hrsg.). *Dienstleistungsqualität: Konzepte - Methoden - Erfahrungen* [online]. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2000, S. 21–48 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-322-91158-2\_1.
- [Bru13] BRUHN, Manfred. *Qualitätsmanagement für Dienstleistungen: Handbuch für ein erfolgreiches Qualitätsmanagement. Grundlagen - Konzepte - Methoden* [online]. 9., vollst. überarb. und erw. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Gabler / Springer Berlin Heidelberg, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-33992-9.

- [BES09] BUCHTA, Dirk; EUL, Marcus; SCHULTE-CROONENBERG, Helmut. *Strategisches IT-Management: Wert steigern, Leistung steuern, Kosten senken* [online]. 3., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2009 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8349-8192-9.
- [BMS09] BUCKL, Sabine; MATTHES, Florian; SCHWEDA, Christian M. Classifying Enterprise Architecture Analysis Approaches. In: POLER, Raúl; VAN SINDEREN, Marten; SANCHIS, Raquel (Hrsg.). *Enterprise Interoperability: Second IFIP WG 5.8 International Workshop, IWEI 2009, Valencia, Spain, October 13-14, 2009, Proceedings* [online]. Berlin, Heidelberg und New York, NY (US): Springer Berlin Heidelberg, 2009, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 38, S. 66–79 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-04750-3\_6.
- [BMS10] BUCKL, Sabine; MATTHES, Florian; SCHWEDA, Christian M. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft von EAM. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposion, 2010, S. 377–416.
- [BS14] BUCKL, Sabine; SCHWEDA, Christian M. A Systemic View on Enterprise Architecture Management: State-of-the-Art and Outline of a Building Block-Based Approach to Design Organization-Specific Enterprise Architecture Management Functions. In: SAHA, Pallab (Hrsg.). *A Systemic Perspective to Managing Complexity with Enterprise Architecture*. Hershey, PA (US): Business Science Reference / IGI Global, 2014, Advances in Business Information Systems and Analytics, S. 237–254.
- [Büh15] BÜHLER, Pascal. *Industrialisierung der Assekuranz in einer digitalen Welt* [online]. Studie. Institut für Versicherungswirtschaft I.VW-HSG, St. Gallen und Adcubum AG, St. Gallen: St. Gallen (CH), 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.ivw.unisg.ch/~media/internet/content/dateien/instituteundcenters/ivw/studien/industrialisierung-digital2015.pdf>.
- [Bun16] BUNDESANSTALT FÜR FINANZDIENSTLEISTUNGS-AUFSICHT (BAFIN). *Konsultation 02/2016 - MaRisk-Novelle 2016: Entwurf der MaRisk in der Fassung vom 18.02.2016* [online]. Konsultationsentwurf. Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin), 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.bafin.de/dok/7871982>.
- [Bun12] BUNDESSTELLE FÜR INFORMATIONSTECHNIK - BUNDESVERWALTUNGSAMT. *Migrationsleitfaden: Leitfaden für die Migration von Software, Version 4.0* [online]. Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, Bundesministerium des Innern: Berlin, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Architekturen-und-Standards/migrationsleitfaden\\_4\\_0\\_download.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Architekturen-und-Standards/migrationsleitfaden_4_0_download.pdf?__blob=publicationFile).
- [Bür16] BÜRGER- UND ORDNUNGSAMT, ABTEILUNG STATISTIK. *Kieler Zahlen 2015: Statistisches Jahrbuch - Statistischer Bericht Nr. 245* [online]. Statistischer Bericht. Landeshauptstadt Kiel: Kiel, 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://www.kiel.de/de/kiel\\_zukunft/statistik\\_kieler\\_zahlen/\\_statistische\\_jahrbuecher/Statistischer\\_Bericht\\_Nr.\\_245\\_-\\_Kieler\\_Zahlen\\_2015.pdf](https://www.kiel.de/de/kiel_zukunft/statistik_kieler_zahlen/_statistische_jahrbuecher/Statistischer_Bericht_Nr._245_-_Kieler_Zahlen_2015.pdf).
- [Büs10] BÜSING, Christina. *Graphen- und Netzwerkoptimierung* [online]. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8274-2423-5.

- [BDH15] BUXMANN, Peter; DIEFENBACH, Heiner; HESS, Thomas. *Die Softwareindustrie: Ökonomische Prinzipien, Strategien, Perspektiven* [online]. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Gabler / Springer Berlin Heidelberg, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-45589-0.
- [Cam10] CAMPBELL, Adrian. *Modelling Behaviour | on Enterprise Architecture* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://ingenia.wordpress.com/2010/10/19/modelling-behaviour/>.
- [Cam18a] CAMUNDA SERVICES GMBH. *BPMN tool for process modeling | Camunda Modeler* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://camunda.org/bpmn/tool/>.
- [Cam18b] CAMUNDA SERVICES GMBH. *Workflow und Decision Automation | Camunda BPM* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://camunda.com/de/>.
- [Car+05] CARSON, Kerry D.; CARSON, Paula Phillips; FONTENOT, Gwen; TOMA, Alfred G. Importance  $\times$  Dissatisfaction = A Formula for Managerial Action. *The Health Care Manager*. 2005, **24**(4), S. 330–335. ISSN 1525-5794.
- [Che+13] CHEN, Willy; HESS, Claudia; LANGERMEIER, Melanie; STUELPNAGEL, Janno; DIEFENTHALER, Philipp. Semantic Enterprise Architecture Management. In: HAMMOUDI, Slimane; MACIASZEK, Leszek; CORDEIRO, José; DIETZ, Jan (Hrsg.). *Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS-2013), July 4-7, 2013, in Angers, France* [online]. SciTePress, 2013, Bd. 3, S. 318–325 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.5220/0004445003180325.
- [CWL14] CYGANIAK, Richard; WOOD, David; LANTHALER, Markus (Hrsg.). *RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax: W3C Recommendation 25 February 2014* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2014/REC-rdf11-concepts-20140225/>.
- [Cyt18] CYTOSCAPE CONSORTIUM. *Cytoscape Web* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://cytoscapeweb.cytoscape.org/>.
- [D2R15] D2RQ.ORG. *The D2RQ Platform – Accessing Relational Databases as Virtual RDF Graphs* [online]. 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://d2rq.org>.
- [DT10] DAHANAYAKE, Ajantha; THALHEIM, Bernhard. Co-evolution of (Information) System Models. In: BIDER, Ilia; HALPIN, Terry; KROGSTIE, John; NURCAN, Selmin; PROPER, Erik; SCHMIDT, Rainer; UKOR, Roland (Hrsg.). *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling: 11th International Workshop, BPMDS 2010, and 15th International Conference, EMMSAD 2010, held at CAiSE 2010, Hammamet, Tunisia, June 7-8, 2010. Proceedings* [online]. Berlin, Heidelberg und New York, NY (US): Springer Berlin Heidelberg, 2010, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 50, S. 314–326 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-13051-9\_26.
- [DBp18] DBPEDIA ASSOCIATION. *DBpedia* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://wiki.dbpedia.org/>.
- [DCM12] DCMi USAGE BOARD. *DCMI Metadata Terms* [online]. DCMI Recommendation. Dublin Core Metadata Initiative (DCMI), 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://dublincore.org/documents/2012/06/14/dcmi-terms/>.

- [De+13] DE VOCHT, Laurens; COPPENS, Sam; VERBORGH, Ruben; VANDER SANDE, Miel; MANNENS, Erik; VAN DE WALLE, Rik. Discovering Meaningful Connections between Resources in the Web of Data. In: BIZER, Christian; HEATH, Tom; BERNERS-LEE, Tim; HAUSENBLAS, Michael; AUER, Sören (Hrsg.). *Proceedings of the WWW2013 Workshop on Linked Data on the Web (LDOW2013), Rio de Janeiro, Brazil, 14 May, 2013* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2013, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 996 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ceur-ws.org/Vol-996/papers/ldow2013-paper-04.pdf>.
- [Dec+00] DECKER, Stefan; MELNIK, Sergey; VAN HARMELEN, Frank; FENSEL, Dieter; KLEIN, Michel; BROEKSTRA, Jeen; ERDMANN, Michael; HORROCKS, Ian. The Semantic Web: The Roles of XML and RDF. *IEEE Internet Computing* [online]. 2000, 4(5), S. 63–74 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1089-7801. Verfügbar unter: DOI: 10.1109/4236.877487.
- [Den12] DENGEL, Andreas (Hrsg.). *Semantische Technologien: Grundlagen – Konzepte – Anwendungen* [online]. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8274-2664-2.
- [Der09] DERN, Gernot. *Management von IT-Architekturen: Leitlinien für die Ausrichtung, Planung und Gestaltung von Informationssystemen* [online]. 3., durchges. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2009, Edition CIO (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8348-9614-8.
- [Dic10] DICKE, Ralph. Informationsverarbeitung in Versicherungen – Eine stark vernetzte Anwendungslandschaft. In: ASCHENBRENNER, Michael; DICKE, Ralph; KARNARSKI, Bertel; SCHWEIGGERT, Franz (Hrsg.). *Informationsverarbeitung in Versicherungsunternehmen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, S. 189–198 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-04321-5\_15.
- [Dim12] DIMITROV, Marin. Semantic Technologies and Triplestores for Business Intelligence. In: AUFAURE, Marie-Aude; ZIMÁNYI, Esteban (Hrsg.). *Business Intelligence: First European Summer School, eBISS 2011, Paris, France, July 3-8, 2011, Tutorial Lectures* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 96, S. 139–155 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-27358-2\_7.
- [DFH11] DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. Introduction to the Semantic Web Technologies. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. (Hrsg.). *Handbook of Semantic Web Technologies* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 1–41 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-92913-0\_1.
- [DKK10] DOSE, Dirk; KRÖSCHE, Suzana; KATHER, Sebastian. Qualität der Geschäftsprozesse kann gemessen werden. *Betriebswirtschaftliche Blätter: Fachzeitschrift für Unternehmensführung in der Sparkassen-Finanzgruppe*. 2010, 59(7), S. 389–391. ISSN 0723-9629.
- [Dou+09] DOUCET, Gary; GÖTZE, John; SAHA, Pallab; BERNARD, Scott. Introduction to Coherency Management: The Transformation of Enterprise Architecture. In: DOUCET, Gary; GÖTZE, John; SAHA, Pallab; BERNARD, Scott (Hrsg.). *Coherency Management: Architecting the Enterprise for Alignment, Agility and Assurance*. Bloomington, IN (US): AuthorHouse, 2009, S. 25–48.

- [Dro12] DROBIAZKO, Igor. *Tapestry 5: Rapid web application development in Java* [online]. Igor Drobiazko, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20180413075519/http://www.tapestry5book.com/>. (Archivierte Webseite im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Internetseite ist unter der ursprünglichen Adresse (<http://www.tapestry5book.com>) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 27.08.2017). Alternative Produktseite erreichbar unter <http://www.lulu.com/shop/igor-drobiazko/tapestry-5-rapid-web-application-development-in-java/paperback/product-20603345.html> (letzter Zugriff am 24.11.2018).
- [DS05] DÜRST, Martin; SUIGNARD, Michel. *Internationalized Resource Identifiers (IRIs)* [online]. Request for Comments, RFC 3987. The Internet Society, 2005 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc3987>.
- [Ecl18] ECLIPSE RDF4J. *Eclipse RDF4J – a Java framework for RDF* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://rdf4j.org>.
- [Ege15] EGE, Börteçin. Marktstudie: Welche Standards und Tools werden in Unternehmen eingesetzt? In: EGE, Börteçin; HUMM, Bernhard; REIBOLD, Anatol (Hrsg.). *Corporate Semantic Web: Wie semantische Anwendungen in Unternehmen Nutzen stiften* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg/ Springer Berlin Heidelberg, 2015, X.media.press, S. 23–39 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-54886-4\_3.
- [EHR15] EGE, Börteçin; HUMM, Bernhard; REIBOLD, Anatol (Hrsg.). *Corporate Semantic Web: Wie semantische Anwendungen in Unternehmen Nutzen stiften* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg/ Springer Berlin Heidelberg, 2015, X.media.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-54886-4.
- [Ell04] ELLMAN, Jeremy. Corporate Ontologies as Information Interfaces. *IEEE Intelligent Systems* [online]. 2004, **19**(1), S. 79–80 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1541-1672. Verfügbar unter: DOI: 10.1109/MIS.2004.1265889.
- [Eng10] ENGELKE, Lothar. IT-Alignment in einem Versicherungsunternehmen auf der Grundlage einer Corporate- und IT-Governance. In: ASCHENBRENNER, Michael; DICKE, Ralph; KARNARSKI, Bertel; SCHWEIGGERT, Franz (Hrsg.). *Informationsverarbeitung in Versicherungsunternehmen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, S. 63–70 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-04321-5\_6.
- [Ern10] ERNST, Alexander M. *A Pattern-based Approach to Enterprise Architecture Management* [online]. Dissertation. Technische Universität München. München, 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bvb:91-diss-20100407-808722-1-6>.
- [EW08] ESSWEIN, Werner; WELLER, Jens. Unternehmensarchitekturen — Grundlagen, Verwendung und Frameworks. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* [online]. 2008, **45**(4), S. 6–18 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 2198-2775. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/BF03341226. HMD 262.
- [ETC10] ETC INSTITUTE. *Blue Springs 2010 DirectionFinder Survey - Section 2: Importance-Satisfaction Analysis & Matrix Analysis: Importance-Satisfaction Analysis, Blue Springs, MO* [online]. Technischer Bericht. ETC Institute, 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.bluespringsgov.com/DocumentCenter/Home/View/1962>.

- [Eur14] EUROSTAT - EUROPÄISCHE KOMMISSION. *Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen: ESVG 2010* [online]. Luxembourg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.2785/1598.
- [Euz04] EUZENAT, Jérôme. An API for Ontology Alignment. In: MCILRAITH, Sheila A.; PLEXOUSAKIS, Dimitris; VAN HARMELEN, Frank (Hrsg.). *The Semantic Web – ISWC 2004: Third International Semantic Web Conference, Hiroshima, Japan, November 7-11, 2004. Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 3298, S. 698–712 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-30475-3\_48.
- [Euz09] EUZENAT, Jérôme. *A note about translation from SKOS to OWL: Ontology Alignment Evaluation Initiative - OAEI-2009 Campaign* [online]. 2009 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://oaei.ontologymatching.org/2009/skos2owl.html>.
- [Euz18] EUZENAT, Jérôme. *Ontology Alignment Evaluation Initiative - Home page* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://oaei.ontologymatching.org>.
- [EMS08] EUZENAT, Jérôme; MOCAN, Adrian; SCHARFFE, François. Ontology Alignments: An Ontology Management Perspective. In: HEPP, Martin; DE LEENHEER, Pieter; DE MOOR, Aldo; SURE, York (Hrsg.). *Ontology Management: Semantic Web, Semantic Web Services, and Business Applications* [online]. New York, NY (US): Springer Science+Business Media, 2008, Computing for Human Experience, Bd. 7, S. 177–206 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-0-387-69900-4\_6.
- [ES13] EUZENAT, Jérôme; SHVAIKO, Pavel. *Ontology Matching* [online]. 2nd ed. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-38721-0.
- [Far11] FARNY, Dieter. *Versicherungsbetriebslehre*. 5., überarb. Aufl. Karlsruhe: Verl. Versicherungswirtschaft, 2011.
- [Far+11] FARWICK, Matthias; AGREITER, Berthold; BREU, Ruth; RYLL, Steffen; VOGES, Karsten; HANSCHKE, Inge. Requirements for Automated Enterprise Architecture Model Maintenance - A Requirements Analysis based on a Literature Review and an Exploratory Survey. In: ZHANG, Runlong; CORDEIRO, José; LI, Xuewei; ZHANG, Zhenji; ZHANG, Juliang (Hrsg.). *Proceedings of the 13th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2011), Volume 4, Beijing, China, 8-11 June, 2011* [online]. Setúbal (PT): SciTePress, 2011, Bd. 4, S. 325–337 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.5220/0003429203250337.
- [Far+13] FARWICK, Matthias; BREU, Ruth; HAUDER, Matheus; ROTH, Sascha; MATTHES, Florian. Enterprise Architecture Documentation: Empirical Analysis of Information Sources for Automation. In: SPRAGUE Jr., Ralph H. (Hrsg.). *Proceedings of the 46th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 7–10 January 2013, Wailea, Maui, Hawaii* [online]. Los Alamitos, CA (US), Washington, DC (US) und Tokyo (JP): IEEE Computer Society, 2013, S. 3868–3877 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/HICSS.2013.200.
- [Far+16] FARWICK, Matthias; SCHWEDA, Christian M.; BREU, Ruth; HANSCHKE, Inge. A situational method for semi-automated Enterprise Architecture Documentation. *Software & Systems Modeling* [online]. 2016, **15**(2), S. 397–426 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1619-1374. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10270-014-0407-3.

- [FWS11] FEJA, Sven; WITT, Sören; SPECK, Andreas. BAM: A Requirements Validation and Verification Framework for Business Process Models. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Quality Software QSIC 2011, Madrid, Spain, July 13-14, 2011*. [online]. Los Alamitos, CA (US), Washington, DC (US) und Tokyo (JP): IEEE Computer Society, 2011, S. 186–191 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/QSIC.2011.33.
- [Fen+11] FENSEL, Dieter; FACCA, Federico Michele; SIMPERL, Elena; TOMA, Ioan. *Semantic Web Services* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-19193-0.
- [Fer18] FERREYRA, Diego. *TemaTres Controlled Vocabulary server* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.vocabularyserver.com>.
- [FAW07] FISCHER, Ronny; AIER, Stephan; WINTER, Robert. A Federated Approach to Enterprise Architecture Model Maintenance. In: REICHERT, Manfred; STRECKER, Stefan; TUROWSKI, Klaus (Hrsg.). *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures-Concepts and Applications, Proceedings of the 2nd International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA'07), St. Goar, Germany, October 8-9, 2007* [online]. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2007, GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI), Bd. P-119, S. 9–22 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings119/gi-proc-119-001.pdf>.
- [Fon14] FONDAZIONE BRUNO KESSLER (FBK). *BPMN Ontology | DKM* [online]. 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://dkm.fbk.eu/bpmn-ontology>.
- [FHC05] FONTENOT, Gwen; HENKE, Lucy; CARSON, Kerry. Take Action On Customer Satisfaction. *Quality Progress*. 2005, **38**(7), S. 40–47. ISSN 0033-524X.
- [Fra+16] FRANZ, Max; LOPES, Christian T.; HUCK, Gerardo; DONG, Yue; SUMER, Onur; BADER, Gary D. Cytoscape.js: a graph theory library for visualisation and analysis. *Bioinformatics* [online]. 2016, **32**(2), S. 309–311 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1460-2059. Verfügbar unter: DOI: 10.1093/bioinformatics/btv557.
- [Fre08] FREITAG, Andreas. *A Controlling Model for the Enterprise Architecture and SOA: Increased Cost Transparency for Modular IT Architectures*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller, 2008.
- [Fre79] FRETER, Hermann. Interpretation und Aussagewert mehrdimensionaler Einstellungsmodelle im Marketing. In: MEFFERT, Heribert; STEFFENHAGEN, Hartwig; FRETER, Hermann (Hrsg.). *Konsumentenverhalten und Information* [online]. Wiesbaden: Gabler, 1979, Schriftenreihe Markt und Marketing, S. 163–184 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-322-85815-3\_7.
- [FR14] FREUND, Jakob; RÜCKER, Bernd. *Praxishandbuch BPMN 2.0*. 4., aktualisierte Aufl. München und Wien (AT): Hanser, 2014.
- [FG09] FÜHRER, Christian; GRIMMER, Arnd. *Versicherungsbetriebslehre*. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl, 2009.
- [GS14] GANDON, Fabien; SCHREIBER, Guus (Hrsg.). *RDF 1.1 XML Syntax: W3C Recommendation 25 February 2014* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2014/REC-rdf-syntax-grammar-20140225/>.
- [GP09] GANGEMI, Aldo; PRESUTTI, Valentina (Hrsg.). *Category:AlignmentOP - Odp* [online]. Ontology Design Patterns . org (ODP) - Odp, 2009 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Category:AlignmentOP>.

- [GP10] GANGEMI, Aldo; PRESUTTI, Valentina (Hrsg.). *OPTypes - Odp* [online]. Ontology Design Patterns . org (ODP) - Odp, 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ontologydesignpatterns.org/wiki/OPTypes>.
- [GP18] GANGEMI, Aldo; PRESUTTI, Valentina (Hrsg.). *Ontology Design Patterns . org (ODP) - Odp* [online]. Ontology Design Patterns . org (ODP) - Odp, 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ontologydesignpatterns.org>.
- [GDV01] GDV - GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V. *VAA Willkommen* [online]. 2001 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20171116070428/http://www.gdv-online.de:80/vaa/>. (Archivierte Webseite im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Internetseite ist unter der ursprünglichen Adresse (<http://www.gdv-online.de/vaa/>) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 27.08.2017).
- [Gla11] GLADEN, Werner. *Performance Measurement: Controlling mit Kennzahlen* [online]. 5., überarb. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8349-6766-4.
- [Glu98] GLUCHOWSKI, Peter. Werkzeuge zur Implementierung des betrieblichen Berichtswesens. *WISU - Das Wirtschaftsstudium: Zeitschrift für Ausbildung, Examen und Weiterbildung*. 1998, **27**(10), S. 1174–1188. ISSN 0340-3084.
- [GR13] GOEBBELS, Steffen; RITTER, Stefan. *Mathematik verstehen und anwenden – von den Grundlagen bis zu Fourier-Reihen und Laplace-Transformation* [online]. 2., überarb. und erw. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8274-3008-3.
- [GHN92] GRAF, Lee A.; HEMMASI, Masoud; NIELSEN, Warren. Importance-Satisfaction Analysis: A Diagnostic Tool for Organizational Change. *Leadership & Organization Development Journal* [online]. 1992, **13**(6), S. 8–12 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0143-7739. Verfügbar unter: DOI: 10.1108/01437739210021857.
- [Gra96] GRANT, Robert M. Prospering in Dynamically-Competitive Environments: Organizational Capability as Knowledge Integration. *Organization Science* [online]. 1996, **7**(4), S. 375–387 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1047-7039. Verfügbar unter: <http://www.jstor.org/stable/2635098>.
- [Gra16] GRAVES, Tom. *On Archimate 3.0 | Tom Graves / Tetradian* [online]. Blog. 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://weblog.tetradian.com/2016/06/21/on-archimate-3-0>.
- [GF04] GROSSMAN, David A.; FRIEDER, Ophir. *Information Retrieval: Algorithms and Heuristics* [online]. 2nd ed. Dordrecht (NL): Springer Netherlands, 2004, The Kluwer International Series on Information Retrieval (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-1-4020-3005-5.
- [GN11] GUBICHEV, Andrey; NEUMANN, Thomas. Path Query Processing on Very Large RDF Graphs. In: *14th International Workshop on the Web and Databases (WebDB 2011), Athens, Greece - June 12, 2011* [online]. 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20160122060212/http://webdb2011.rutgers.edu:80/papers/Paper%2021/pathwebdb.pdf>. (Archiviertes Dokument im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Dokument ist unter der ursprünglichen Adresse (<http://webdb2011.rutgers.edu/papers/Paper%2021/pathwebdb.pdf>) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 20.03.2014).

- [HLS11] HACKENBERG, Wolfgang; LEMINSKY, Carsten; SCHULZ-WOLFGRAMM, Eibo. *Key Message. Delivered. : Business-Präsentationen mit Struktur*. Freiburg im Breisgau: Haufe, 2011.
- [HH10] HALPIN, Harry; HAYES, Patrick J. When owl:sameAs isn't the Same: An Analysis of Identity Links on the Semantic Web. In: BIZER, Christian; HEATH, Tom; BERNERS-LEE, Tim; HAUSENBLAS, Michael (Hrsg.). *Proceedings of the Linked Data on the Web Workshop (LDOW2010), Raleigh, North Carolina, USA, April 27, 2010* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2010, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 628 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ceur-ws.org/Vol-628/ldow2010\\_paper09.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-628/ldow2010_paper09.pdf).
- [Han+07] HAN, Lushan; FININ, Tim; PARR, Cynthia; SACHS, Joel; JOSHI, Anupam. *RDF123: a mechanism to transform spreadsheets to RDF* [online]. Technical Report. University of Maryland, Baltimore County: Baltimore, MD (US), 2007 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ebiquity.umbc.edu/get/a/publication/370.pdf>.
- [Han10] HANSCHKE, Inge. *Strategisches Management der IT-Landschaft: Ein praktischer Leitfaden für das Enterprise Architecture Management*. 2., erw. Aufl. München: Hanser, 2010.
- [Han12] HANSCHKE, Inge. *Enterprise Architecture Management - einfach und effektiv: Ein praktischer Leitfaden für die Einführung von EAM*. München: Hanser, 2012.
- [HS13] HARRIS, Steve; SEABORNE, Andy (Hrsg.). *SPARQL 1.1 Query Language: W3C Recommendation 21 March 2013* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-query-20130321/>.
- [HJS11] HARTH, Andreas; JANIK, Maciej; STAAB, Steffen. Semantic Web Architecture. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. (Hrsg.). *Handbook of Semantic Web Technologies* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 43–75 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-92913-0\_2.
- [Has+11] HASLHOFER, Bernhard; MOMENI ROOCHI, Elaheh; SCHANDL, Bernhard; ZANDER, Stefan. *Europeana RDF Store Report* [online]. Technical Report. Universität Wien: Wien (AT), 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://eprints.cs.univie.ac.at/2833/1/europeana\\_ts\\_report.pdf](http://eprints.cs.univie.ac.at/2833/1/europeana_ts_report.pdf).
- [HMR12] HAUDER, Matheus; MATTHES, Florian; ROTH, Sascha. Challenges for Automated Enterprise Architecture Documentation. In: AIER, Stephan; EKSTEDT, Mathias; MATTHES, Florian; PROPER, Erik; SANZ, Jorge L. (Hrsg.). *Trends in Enterprise Architecture Research and Practice-Driven Research on Enterprise Transformation: 7th Workshop, TE-AR 2012, and 5th Working Conference, PRET 2012, Held at The Open Group Conference 2012, Barcelona, Spain, October 23-24, 2012, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 131, S. 21–39 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-34163-2\_2.
- [Hau+13] HAUDER, Matheus; ROTH, Sascha; SCHULZ, Christopher; MATTHES, Florian. Current Tool Support for Metrics in Enterprise Architecture Management. In: BÜREN, Günter; DUMKE, Reiner R.; EBERT, Christof; MÜNCH, Jürgen; SEUFERT, Manfred (Hrsg.). *MetriKon 2013 - Praxis der Software-Messung: Tagungsband des DASMA Software Metrik Kongresses, MetriKon 2013, 14.-15. November 2013, Kaiserslautern*. Aachen: Shaker, 2013, Magdeburger Schriften zum Empirischen Software Engineering, S. 133–142.

- [HR85] HAWES, Jon M.; RAO, C. P. Using Importance-Performance Analysis to Develop Health Care Marketing Strategies. *Journal of Health Care Marketing*. 1985, 5(4), S. 19–25. ISSN 0737-3252.
- [HP14] HAYES, Patrick J.; PATEL-SCHNEIDER, Peter F. (Hrsg.). *RDF 1.1 Semantics: W3C Recommendation 25 February 2014* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2014/REC-rdf11-mt-20140225/>.
- [Heb+09] HEBELER, John; FISHER, Matthew; BLACE, Ryan; PEREZ-LOPEZ, Andrew. *Semantic Web Programming*. Indianapolis, IN (US): Wiley Publishing, 2009.
- [Hei07] HEINRICH, Gert. *Operations Research*. München und Wien (AT): Oldenbourg, 2007.
- [Hen00] HENTSCHEL, Bert. Multiattributive Messung von Dienstleistungsqualität. In: BRUHN, Manfred; STAUSS, Bernd (Hrsg.). *Dienstleistungsqualität: Konzepte - Methoden - Erfahrungen* [online]. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2000, S. 289–320 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-322-91158-2\_12.
- [HT11] HILGERT, Matthias; THIELE, Beatrice. Steuerung und Ausrichtung der IT aus fachlicher Sicht : Das ERGO-Domänenmodell. In: GENSCHE, Christian; MOORMANN, Jürgen; WEHN, Robert (Hrsg.). *Prozessmanagement in der Assekuranz*. Frankfurt am Main: Frankfurt School Verlag, 2011, S. 235–252.
- [Hit+08] HITZLER, Pascal; KRÖTZSCH, Markus; RUDOLPH, Sebastian; SURE, York. *Semantic Web: Grundlagen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, eXamen.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-33994-6.
- [HPB15] HOLUB, Michal; PROKSA, Ondrej; BIELIKOVÁ, Mária. Detecting Identical Entities in the Semantic Web Data. In: ITALIANO, Giuseppe F.; MARGARIA-STEFFEN, Tiziana; POKORNÝ, Jaroslav; QUISQUATER, Jean-Jacques; WATTENHOFER, Roger (Hrsg.). *SOFSEM 2015: Theory and Practice of Computer Science: 41st International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science, Pec pod Sněžkou, Czech Republic, January 24-29, 2015. Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 8939, S. 519–530 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-46078-8\_43.
- [Hor11] HORN, Norbert. *Einführung in die Rechtswissenschaft und Rechtsphilosophie*. 5., neu bearb. Aufl. Heidelberg u. a.: C.F. Müller, 2011, Schwerpunkte Pflichtfach, Jura auf den Punkt gebracht.
- [HER15] HUMM, Bernhard; EGE, Börteçin; REIBOLD, Anatol. Corporate Semantic Web. In: EGE, Börteçin; HUMM, Bernhard; REIBOLD, Anatol (Hrsg.). *Corporate Semantic Web: Wie semantische Anwendungen in Unternehmen Nutzen stiften* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg/ Springer Berlin Heidelberg, 2015, X.media.press, S. 1–9 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-54886-4\_1.
- [HH15] HUMM, Bernhard; HEUSS, Timm. Schlendern durch digitale Museen und Bibliotheken: Vom Umgang mit riesigen semantischen Daten. In: EGE, Börteçin; HUMM, Bernhard; REIBOLD, Anatol (Hrsg.). *Corporate Semantic Web: Wie semantische Anwendungen in Unternehmen Nutzen stiften* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg/ Springer Berlin Heidelberg, 2015, X.media.press, S. 59–70 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-54886-4\_5.

- [Hut15] HUTZSCHENREUTER, Thomas. *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Grundlagen mit zahlreichen Praxisbeispielen* [online]. 6., überarb. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-08564-3.
- [IJ06] IACOB, Maria-Eugenia; JONKERS, Henk. Quantitative Analysis of Enterprise Architectures. In: KONSTANTAS, Dimitri; BOURRIÈRES, Jean-Paul; LÉONARD, Michel; BOU-DJLIDA, Nacer (Hrsg.). *Interoperability of Enterprise Software and Applications* [online]. London (UK): Springer London, 2006, S. 239–252 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/1-84628-152-0\_22.
- [Ioa+10] IOANNOU, Ekaterini; PAPAPETROU, Odysseas; SKOUTAS, Dimitrios; NEJDL, Wolfgang. Efficient Semantic-Aware Detection of near Duplicate Resources. In: AROYO, Lora; ANTONIOU, Grigoris; HYVÖNEN, Eero; TEN TEIJE, Annette; STUCKENSCHMIDT, Heiner; CABRAL, Liliana; TUDORACHE, Tania (Hrsg.). *The Semantic Web: Research and Applications: 7th Extended Semantic Web Conference, ESWC 2010, Heraklion, Crete, Greece, May 30 – June 3, 2010, Proceedings, Part II* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 6089, S. 136–150 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-13489-0\_10.
- [IS09] ISAAC, Antoine; SUMMERS, Ed (Hrsg.). *SKOS Simple Knowledge Organization System Primer: W3C Working Group Note 18 August 2009* [online]. W3C Working Group Note. W3C, 2009 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2009/NOTE-skos-primer-20090818/>.
- [Ise14] ISELE, Robert. Methoden der Linked Data Integration. In: PELLEGRINI, Tassilo; SACK, Harald; AUER, Sören (Hrsg.). *Linked Enterprise Data: Management und Bewirtschaftung vernetzter Unternehmensdaten mit Semantic Web Technologien* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, X.media.press, S. 103–120 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-30274-9\_5.
- [ISO09] ISO/IEC JTC 1/SC 7 SOFTWARE AND SYSTEMS ENGINEERING. *ISO/IEC 20926:2009: Software and systems engineering – Software measurement – IFPUG functional size measurement method 2009, Second Edition 2009-12*. Norm. International Organization for Standardization: Genf (CH), 2009.
- [ISO10] ISO/IEC/IEEE. *ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E): Systems and software engineering — Vocabulary Ingénierie des systèmes et du logiciel — Vocabulaire, First edition 2010-12-15* [online]. Standard. ISO - International Organization for Standardization u. a.: Genf (CH) und New York, NY (US), 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/IEEESTD.2010.5733835.
- [ISO11] ISO/IEC/IEEE. *ISO/IEC/IEEE 42010:2011(E): Systems and software engineering — Architecture description - Ingénierie des systèmes et des logiciels — Description de l'architecture, First edition 2011-12-01* [online]. Standard. ISO - International Organization for Standardization u. a.: Genf (CH) und New York, NY (US), 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/IEEESTD.2011.6129467.
- [Ite16] ITERATEC GMBH. *iteraplan - Amazing Enterprise Architecture Management - Release 5.5, February 2017* [online]. München, 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://doc.iteraplan.de/download/attachments/8683911/UserGuide\\_5.5.pdf](https://doc.iteraplan.de/download/attachments/8683911/UserGuide_5.5.pdf).
- [Ite17] ITERATEC GMBH. *EAM Tool für Ihr Enterprise Architecture Management* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.iteraplan.de>.

- [ITO18] ITOMIG GMBH. *iTop* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.itomig.de/page/about-itop>.
- [ITU08] ITU-T STUDY GROUP 4. *ITU-T Recommendation M.3050 Supplement 4 (02/2007) Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) Supplement 4: An eTOM primer* [online]. Recommendation. ITU-T: International Telecommunication Union, 2008 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-M.3050-200702-I!Sup4!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-M.3050-200702-I!Sup4!PDF-E&type=items).
- [Joh06] JOHN, Michael. *Semantische Technologien in der betrieblichen Anwendung - Ergebnisse einer Anwenderstudie* [online]. Studie. Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik (FIRST): Berlin, 2006 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-53474.html>.
- [Jon+06] JONKERS, Henk; LANKHORST, Marc M.; TER DOEST, Hugo W. L.; ARBAB, Farhad; BOSMA, Hans; WIERINGA, Roel J. Enterprise architecture: Management tool and blueprint for the organisation. *Information Systems Frontiers* [online]. 2006, 8(2), S. 63–66 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1572-9419. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10796-006-7970-2.
- [Jug+15] JUGEL, Dierk; KEHRER, Stefan; SCHWEDA, Christian M.; ZIMMERMANN, Alfred. Providing EA Decision Support for Stakeholders by Automated Analyses. In: ZIMMERMANN, Alfred; ROSSMANN, Alexander (Hrsg.). *Digital Enterprise Computing (DEC 2015), June 25-26, 2015, Böblingen, Germany* [online]. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2015, GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI), Bd. P-244, S. 151–162 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings244/151.pdf>.
- [JSZ17] JUGEL, Dierk; SANDKUHL, Kurt; ZIMMERMANN, Alfred. Visual Analytics in Enterprise Architecture Management: A Systematic Literature Review. In: ABRAMOWICZ, Witold; ALT, Rainer; FRAN CZYK, Bogdan (Hrsg.). *Business Information Systems Workshops: BIS 2016 International Workshops, Leipzig, Germany, July 6-8, 2016, Revised Papers* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2017, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 263, S. 99–110 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-52464-1\_10.
- [Jun13] JUNG NICKEL, Dieter. *Graphs, Networks and Algorithms* [online]. 4th ed. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, Algorithms and Computation in Mathematics, Bd. 5 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-32278-5.
- [Kee93] KEEN, Peter G. W. Information technology and the management difference: A fusion map. *IBM Systems Journal* [online]. 1993, 32(1), S. 17–39 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0018-8670. Verfügbar unter: DOI: 10.1147/sj.321.0017.
- [KNS92] KELLER, Gerhard; NÜTTGENS, Markus; SCHEER, August-Wilhelm. *Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage „Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)“* [online]. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi), Universität des Saarlandes, Heft 89. Universität des Saarlandes: Saarbrücken, 1992 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user\\_upload/Fachrichtungen/fr13\\_BWL/professuren/PDF/heft89.pdf](http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user_upload/Fachrichtungen/fr13_BWL/professuren/PDF/heft89.pdf).
- [Kel12] KELLER, Wolfgang. *IT-Unternehmensarchitektur: Von der Geschäftsstrategie zur optimalen IT-Unterstützung*. 2., überarb. und erw. Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2012.

- [KMS13] KESTEN, Ralf; MÜLLER, Arno; SCHRÖDER, Hinrich. *IT-Controlling: IT-Strategie, Multiprojektmanagement, Projektcontrolling und Performancekontrolle*. 2. Aufl. München: Vahlen, 2013.
- [Keu10a] KEUNTJE, Jan H. EAM Content. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposion, 2010, S. 143–187.
- [Keu10b] KEUNTJE, Jan H. EAM-Prozesse. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposion, 2010, S. 101–142.
- [Keu+10] KEUNTJE, Jan H.; MATTHES, Florian; BUCKL, Sabine; SCHWEDA, Christian M. EAM-Werkzeuge. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposion, 2010, S. 189–214.
- [KD11] KIRYAKOV, Atanas; DAMOVA, Mariana. Storing the Semantic Web: Repositories. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. (Hrsg.). *Handbook of Semantic Web Technologies* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 231–297 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-92913-0\_7.
- [KVK11] KLEINERT, Heike; VAN MEGEN, Hubertus; KOHL, Tobias. Integration von Prozess- und IT-Architekturmanagement. In: GENSCHE, Christian; MOORMANN, Jürgen; WEHN, Robert (Hrsg.). *Prozessmanagement in der Assekuranz*. Frankfurt am Main: Frankfurt School Verlag, 2011, S. 221–234.
- [KSS14] KÖPPEN, Veit; SAAKE, Gunter; SATTLER, Kai-Uwe. *Data Warehouse Technologien*. 2. Aufl. Heidelberg u. a.: mitp, 2014.
- [KVV11] KOTOULAS, Spyros; VAN HARMELLEN, Frank; WEAVER, Jesse. KR and Reasoning on the Semantic Web: Web-Scale Reasoning. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. (Hrsg.). *Handbook of Semantic Web Technologies* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 441–466 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-92913-0\_11.
- [Krc15] KRCMAR, Helmut. *Informationsmanagement* [online]. 6., überarb. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-45863-1.
- [Kre15] KRETSCHMAR, Carsten. *Digitalisierung bei Versicherungsgesellschaften: Ist eine vollständige Digitalisierung der Wertschöpfungskette sinnvoll?* [online]. White Paper. PPI AG: Hamburg, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://www.ppi.de/fileadmin/user\\_upload/Consulting\\_Versicherungen/Publikationen/2015-06-12\\_White\\_Paper\\_Digitalisierung\\_V1.pdf](https://www.ppi.de/fileadmin/user_upload/Consulting_Versicherungen/Publikationen/2015-06-12_White_Paper_Digitalisierung_V1.pdf).
- [KG13] KROEBER-RIEL, Werner; GRÖPPEL-KLEIN, Andrea. *Konsumentenverhalten*. 10., überarb., aktualisierte und erg. Aufl. München: Vahlen, 2013, Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.
- [KW07] KURPJUWEIT, Stephan; WINTER, Robert. Viewpoint-based Meta Model Engineering. In: REICHERT, Manfred; STRECKER, Stefan; TUROWSKI, Klaus (Hrsg.). *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures-Concepts and Applications, Proceedings of the 2nd International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA'07), St. Goar, Germany, October 8-9, 2007* [online]. Bonn: Gesellschaft für

- Informatik, 2007, GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI), Bd. P-119, S. 143–161 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings119/gi-proc-119-011.pdf>.
- [Küt07] KÜTZ, Martin. *Kennzahlen in der IT: Werkzeuge für Controlling und Management*. 2., überarb. und erw. Aufl. Heidelberg: dpunkt.Verlag, 2007.
- [LSB14] LANGERMEIER, Melanie; SAAD, Christian; BAUER, Bernhard. A unified framework for Enterprise Architecture analysis. In: GROSSMANN, Georg; HALLÉ, Sylvain; KARASTOYANOVA, Dimka; REICHERT, Manfred; RINDERLE-MA, Stefanie (Hrsg.). *Proceedings of the IEEE 18th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations (EDOCW 2014), 1-2 September 2014, Ulm, Germany* [online]. Los Alamitos, CA (US), Washington, DC (US) und Tokyo (JP): IEEE Computer Society, 2014, S. 227–236 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/EDOCW.2014.42.
- [Lan08] LANKES, Josef K. *Metrics for Application Landscapes: Status Quo, Development, and a Case Study* [online]. Dissertation. Technische Universität München. München, 2008 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bvb:91-diss-20080615-653232-1-0>.
- [LPJ09] LANKHORST, M. M.; PROPER, H. A.; JONKERS, H. The Architecture of the ArchiMate Language. In: HALPIN, Terry; KROGSTIE, John; NURCAN, Selmin; PROPER, Erik; SCHMIDT, Rainer; SOFFER, Pnina; UKOR, Roland (Hrsg.). *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling: 10th International Workshop, BPMDS 2009, and 14th International Conference, EMMSAD 2009, held at CAiSE 2009, Amsterdam, The Netherlands, June 8-9, 2009, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 29, S. 367–380 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-01862-6\_30.
- [Lan13] LANKHORST, Marc. *Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis* [online]. 3rd ed. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, The Enterprise Engineering Series (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-29651-2.
- [Lap12] LAPALME, James. Three Schools of Thought on Enterprise Architecture. *IT Professional* [online]. 2012, **14**(6), S. 37–43 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1520-9202. Verfügbar unter: DOI: 10.1109/MITP.2011.109.
- [Leb17] LEBO, Tim. *Alternative Tabular to RDF converters - timrdf/csv2rdf4lod-automation Wiki - GitHub* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://github.com/timrdf/csv2rdf4lod-automation/wiki/Alternative-Tabular-to-RDF-converters>.
- [Lev05] LEVINE, Harvey A. *Project Portfolio Management: A Practical Guide to Selecting Projects, Managing Portfolios, and Maximizing Benefits*. San Francisco, CA (US): Jossey-Bass, 2005, The Jossey-Bass Business & Management Series.
- [LL14] LÖHE, Jan; LEGNER, Christine. Overcoming implementation challenges in enterprise architecture management: a design theory for architecture-driven IT Management (ADRI-MA). *Information Systems and e-Business Management* [online]. 2014, **12**(1), S. 101–137 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1617-9854. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10257-012-0211-y.

- [Lop+10] LOPES, Christian T.; FRANZ, Max; KAZI, Farzana; DONALDSON, Sylva L.; MORRIS, Quaid; BADER, Gary D. Cytoscape Web: an interactive web-based network browser. *Bioinformatics* [online]. 2010, **26**(18), S. 2347–2348 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1460-2059. Verfügbar unter: DOI: 10.1093/bioinformatics/btq430.
- [Luf03] LUFTMAN, Jerry. Assessing It/Business Alignment. *Information Systems Management* [online]. 2003, **20**(4), S. 9–15 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1058-0530. Verfügbar unter: DOI: 10.1201/1078/43647.20.4.20030901/77287.2.
- [MC14] MAALI, Fadi; CYGANIAK, Richard. *GRefine RDF Extension* [online]. 2014 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20180112163745/http://refine.deri.ie:80/>. (Archivierte Webseite im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Internetseite ist unter der ursprünglichen Adresse (<http://refine.deri.ie>) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 27.08.2017).
- [MCP11] MAALI, Fadi; CYGANIAK, Richard; PERISTERAS, Vassilios. Re-using Cool URIs: Entity Reconciliation Against LOD Hubs. In: BIZER, Christian; HEATH, Tom; BERNERS-LEE, Tim; HAUSENBLAS, Michael (Hrsg.). *WWW2011 Workshop on Linked Data on the Web (LDOW-2011), Hyderabad, India, March 29, 2011* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2011, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 813 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ceur-ws.org/Vol-813/ldow2011-paper11.pdf>.
- [MSS01] MÄDCHE, Alexander; STAAB, Steffen; STUDER, Rudi. Ontologien. *Wirtschaftsinformatik* [online]. 2001, **43**(4), S. 393–395 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1861-8936. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/BF03250806.
- [Mal11] MALMENDIER, Jan. Prozessdaten und Prozesskostenrechnung. In: GENSCHE, Christian; MOORMANN, Jürgen; WEHN, Robert (Hrsg.). *Prozessmanagement in der Assekuranz*. Frankfurt am Main: Frankfurt School Verlag, 2011, S. 87–100.
- [Man10] MANNMEUSEL, Thomas. EAM im Mittelstand. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposium, 2010, S. 331–375.
- [Man12] MANNMEUSEL, Thomas. Management von Unternehmensarchitekturen in der Praxis: Organisatorische Herausforderungen in mittelständischen Unternehmen. In: SUCHAN, Christian; FRANK, Jochen (Hrsg.). *Analyse und Gestaltung leistungsfähiger IS-Architekturen: Modellbasierte Methoden aus Forschung und Lehre in der Praxis* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, S. 35–57 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-27700-9\_2.
- [MJ77] MARTILLA, John A.; JAMES, John C. Importance-Performance Analysis. *Journal of Marketing* [online]. 1977, **41**(1), S. 77–79 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1547-7185. Verfügbar unter: DOI: 10.2307/1250495.
- [Mas05] MASAK, Dieter. *Moderne Enterprise Architekturen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005, Xpert.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/b138869.
- [Mat11] MATTHES, Dirk. *Enterprise Architecture Frameworks Kompendium: Über 50 Rahmenwerke für das IT-Management* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, Xpert.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-12955-1.

- [Mat+08] MATTHES, Florian; BUCKL, Sabine; LEITEL, Jana; SCHWEDA, Christian M. *Enterprise Architecture Management Tool Survey 2008* [online]. München: Technische Universität München, sebis, 2008 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://www.matthes.in.tum.de/file/1ae7cg9fjm9bg/sebis-Public-Website/Publications/eamts2008\\_final.pdf](https://www.matthes.in.tum.de/file/1ae7cg9fjm9bg/sebis-Public-Website/Publications/eamts2008_final.pdf).
- [MBS09] MATTHES, Florian; BUCKL, Sabine; SCHWEDA, Christian M. Enterprise Architecture Management: Globalisierte IT-Landschaften ganzheitlich gestalten. In: NEUDÖRFFER, Marlene (Hrsg.). *ITK-Kompendium 2010: Expertenwissen, Trends und Lösungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie*. Frankfurt am Main: F.A.Z.-Institut für Management-, Markt- und Medieninformationen GmbH, 2009, Bd. 1, S. 94–101.
- [Mat+11] MATTHES, Florian; MONAHOV, Ivan; SCHNEIDER, Alexander; SCHULZ, Christopher. *EAM KPI Catalog v 1.0* [online]. Technischer Bericht. Technische Universität München: München, 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.matthes.in.tum.de/file/3zh2nzh4qws/Sebis-Public-Website/-/Enterprise-Architecture-Management/EAM-KPI-Catalog/EAM%20KPI%20Catalog%20v%201.0.pdf>.
- [MBH15] MEFFERT, Heribert; BRUHN, Manfred; HADWICH, Karsten. *Dienstleistungsmarketing: Grundlagen - Konzepte - Methoden* [online]. 8., vollst. überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler / Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-05046-7.
- [Mel15] MELZER, Almut. *Six Sigma - Kompakt und praxisnah: Prozessverbesserung effizient und erfolgreich implementieren* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-09854-4.
- [Mer06] MERRIFIELD, Ric. *Microsoft Motion: Heat Mapping Tool* [online]. Microsoft Corporation, 2006 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://blogs.microsoft.co.il/files/folders/2034/download.aspx>.
- [MB09] MILES, Alistair; BECHHOFFER, Sean (Hrsg.). *SKOS Simple Knowledge Organization System Reference: W3C Recommendation 18 August 2009* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2009 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-skos-reference-20090818/>.
- [MP07] MILES, Alistair; PÉREZ-AGÜERA, José R. SKOS: Simple Knowledge Organisation for the Web. *Cataloging & Classification Quarterly* [online]. 2007, **43**(3-4), S. 69–83 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0163-9374. Verfügbar unter: DOI: 10.1300/J104v43n03\_04.
- [MJE06] MOCHOL, Malgorzata; JENTZSCH, Anja; EUZENAT, Jérôme. Applying an Analytic Method for Matching Approach Selection. In: SHVAIKO, Pavel; EUZENAT, Jérôme; NOY, Natalya; STUCKENSCHMIDT, Heiner; BENJAMINS, Richard; USCHOLD, Michael (Hrsg.). *Proceedings of the 1st International Workshop on Ontology Matching (OM-2006), Collocated with the 5th International Semantic Web Conference (ISWC-2006), Athens, Georgia, USA, November 5, 2006* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2006, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 225 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ceur-ws.org/Vol-225/paper4.pdf>.
- [MRM13] MONAHOV, Ivan; RESCHENHOFER, Thomas; MATTHES, Florian. Design and prototypical implementation of a language empowering business users to define Key Performance Indicators for Enterprise Architecture Management. In: BAGHERI, Ebrahim; GAŠEVIĆ, Dragan; HALLÉ, Sylvain; HATALA, Marek; NEZHAD, Hamid R. Motahari; REICHERT,

- Manfred (Hrsg.). *Proceedings of the 17th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW 2013), 9–13 September 2013, Vancouver, Canada* [online]. Los Alamitos, CA (US), Washington, DC (US) und Tokyo (JP): IEEE Computer Society, 2013, S. 337–346 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1109/EDOCW.2013.44.
- [MK13] MOSER, Christoph; KIRCHNER, Lutz. Integration von Prozessmanagement und Unternehmensarchitektur-Management – Konzepte und Vorgehensweisen zum Business IT Alignment. In: BAYER, Franz; KÜHN, Harald (Hrsg.). *Prozessmanagement für Experten: Impulse für aktuelle und wiederkehrende Themen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 313–332 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-36995-7\_16.
- [Mue+15] MUELLER, Florian; NAUJOKS, Henrik; SINGH, Harshveer; SCHWARZ, Gunther; SCHWEDEL, Andrew; THOMSON, Kirsty. *Global Digital Insurance Benchmarking Report 2015: Pathways to Success in a Digital World* [online]. Report. Bain & Company: Amsterdam (NL) u.a., 2015 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.bain.com/Images/GLOBAL-DIGITAL-INSURANCE-2015.pdf>.
- [Nag18] NAGIOS ENTERPRISES, LLC. *Nagios - The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.nagios.org>.
- [NBE14] NÄRMAN, Per; BUSCHLE, Markus; EKSTEDT, Mathias. An enterprise architecture framework for multi-attribute information systems analysis. *Software & Systems Modeling* [online]. 2014, **13**(3), S. 1085–1116 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1619-1374. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10270-012-0288-2.
- [Nat11] NATSCHLÄGER, Christine. Towards a BPMN 2.0 Ontology. In: DIJKMAN, Remco; HOFSTETTER, Jörg; KOEHLER, Jana (Hrsg.). *Business Process Model and Notation: Third International Workshop, BPMN 2011, Lucerne, Switzerland, November 21-22, 2011, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 95, S. 1–15 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-25160-3\_1.
- [Nau+13] NAUJOKS, Henrik; SCHWARZ, Gunther; MATOUSCHEK, Gero; VON HÜLSEN, Bodo. *Versicherungen: Die digitale Herausforderung* [online]. Studie. Bain & Company: München und Zürich (CH), 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://web.archive.org/web/20170926095317/http://www.bain.de/Images/BainBrief\\_Versicherungen\\_Die-digitale-Herausforderung\\_FINAL.pdf](https://web.archive.org/web/20170926095317/http://www.bain.de/Images/BainBrief_Versicherungen_Die-digitale-Herausforderung_FINAL.pdf). (Archiviertes Dokument im Speicher des Online-Angebots „Internet Archive“). Dokument ist unter der ursprünglichen Adresse ([http://www.bain.de/Images/BainBrief\\_Versicherungen\\_Die-digitale-Herausforderung\\_FINAL.pdf](http://www.bain.de/Images/BainBrief_Versicherungen_Die-digitale-Herausforderung_FINAL.pdf)) nicht mehr erreichbar (letzter Zugriff am 27.08.2017).
- [Nie05] NIEMANN, Klaus D. *Von der Unternehmensarchitektur zur IT-Governance: Bausteine für ein wirksames IT-Management* [online]. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2005, Edition CIO (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8348-9066-5.
- [Nie07] NIEMI, Eetu. Enterprise Architecture Stakeholders - a Holistic View. In: *AMCIS 2007 Proceedings* [online]. Paper 41, 2007 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://aisel.aisnet.org/amcis2007/41>.

- [Noe+10] NOESSNER, Jan; NIEPERT, Mathias; MEILICKE, Christian; STUCKENSCHMIDT, Heiner. Leveraging Terminological Structure for Object Reconciliation. In: AROYO, Lora; ANTONIOU, Grigoris; HYVÖNEN, Eero; TEN TEIJE, Annette; STUCKENSCHMIDT, Heiner; CABRAL, Liliana; TUDORACHE, Tania (Hrsg.). *The Semantic Web: Research and Applications: 7th Extended Semantic Web Conference, ESWC 2010, Heraklion, Crete, Greece, May 30 – June 3, 2010, Proceedings, Part II* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 6089, S. 334–348 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-13489-0\_23.
- [OMG13] OMG BPMN 2.0 FTF. *Business Process Model and Notation (BPMN): Version 2.0.2* [online]. Standard, OMG Document Number: formal/2013-12-09. Object Management Group (OMG), 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.omg.org/spec/BPMN/>.
- [Ope18] OPENREFINE.ORG. *OpenRefine* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://openrefine.org>.
- [Ort+14] ORTMANN, Jens; DIEFENTHALER, Philipp; LAUTENBACHER, Florian; HESS, Claudia; CHEN, Willy. Unternehmensarchitekturen mit Semantischen Technologien. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* [online]. 2014, **51**(5), S. 616–626 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 2198-2775. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s40702-014-0066-4.
- [OLB15] OSENBERG, Maximilian; LANGERMEIER, Melanie; BAUER, Bernhard. Using Semantic Web Technologies for Enterprise Architecture Analysis. In: GANDON, Fabien; SABOU, Marta; SACK, Harald; D'AMATO, Claudia; CUDRÉ-MAUROUX, Philippe; ZIMMERMANN, Antoine (Hrsg.). *The Semantic Web. Latest Advances and New Domains: 12th European Semantic Web Conference, ESWC 2015, Portoroz, Slovenia, May 31 – June 4, 2015, Proceedings* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2015, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 9088, S. 668–682 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-18818-8\_41.
- [Par07] PARR, Terence. *The Definitive ANTLR Reference: Building Domain-Specific Languages*. Raleigh, NC (US) und Dallas, TX (US): The Pragmatic Bookshelf, 2007, The Pragmatic Programmers.
- [Par12] PARR, Terence. *The Definitive ANTLR 4 Reference*. Hrsg. von PFALZER, Susannah Davidson. Dallas, TX (US) und Raleigh, NC (US): The Pragmatic Bookshelf, 2012, The Pragmatic Programmers.
- [Pas12] PASCHKE, Adrian. *Corporate Semantic Web: Kurzpräsentation* [online]. Projektvorstellung. Arbeitsgruppe Corporate Semantic Web, Freie Universität Berlin: Berlin, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://www.corporate-semantic-web.de/tl\\_files/pub/CSW\\_Kurzpraesentation.pdf](http://www.corporate-semantic-web.de/tl_files/pub/CSW_Kurzpraesentation.pdf).
- [PS15] PASCHKE, Adrian; SCHÄFERMEIER, Ralph. Einordnung und Abgrenzung des Corporate Semantic Webs. In: EGE, Börteçin; HUMM, Bernhard; REIBOLD, Anatol (Hrsg.). *Corporate Semantic Web: Wie semantische Anwendungen in Unternehmen Nutzen stiften* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg/ Springer Berlin Heidelberg, 2015, X.media.press, S. 11–21 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-54886-4\_2.
- [PSA14] PELLEGRINI, Tassilo; SACK, Harald; AUER, Sören (Hrsg.). *Linked Enterprise Data: Management und Bewirtschaftung vernetzter Unternehmensdaten mit Semantic Web Technologien* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, X.media.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-30274-9.

- [PW99] PEPPARD, J.; WARD, J. 'Mind the Gap': diagnosing the relationship between the IT organisation and the rest of the business. *The Journal of Strategic Information Systems* [online]. 1999, **8**(1), S. 29–60 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0963-8687. Verfügbar unter: DOI: 10.1016/S0963-8687(99)00013-X.
- [Pet+12] PETERSON, David; GAO, Shudi (Sandy); MALHOTRA, Ashok; SPERBERG-MCQUEEN, C. M.; THOMPSON, Henry S. (Hrsg.). *W3C XML Schema Definition Language (XSD) 1.1 Part 2: Datatypes: W3C Recommendation 5 April 2012* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2012/REC-xmlschema11-2-20120405/>.
- [Pic89] PICOT, Arnold. Der Produktionsfaktor Information in der Unternehmensführung. *Thesis: Zeitschrift zur Interaktion zwischen Theorie und Praxis in Marketing und Distribution*. 1989, **6**(4), S. 3–9. ISSN 0254-9697.
- [PF10] PIESCH, Martina; FINKENZELLER, Stefan. EAM bei einem Finanzdienstleister. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposium, 2010, S. 229–256.
- [Pla10] PLACHY, Michael. EAM in der Öffentlichen Verwaltung. In: KEUNTJE, Jan H.; BARKOW, Reinhard (Hrsg.). *Enterprise Architecture Management in der Praxis: Wandel, Komplexität und IT-Kosten im Unternehmen beherrschen*. Düsseldorf: Symposium, 2010, S. 285–329.
- [PMI08] PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (Hrsg.). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK® Guide) - Vierte Ausgabe*. 4. Ausg. Newtown Square, PA (US): PMI - Project Management Institute, 2008, PMI Global Standard.
- [Poe12] POENSGEN, Benjamin. *Function-Point-Analyse: Ein Praxishandbuch*. 2., aktualisierte Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2012.
- [PR10] POHL, Klaus; RUPP, Chris. *Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung zum „Certified Professional for Requirements Engineering“, Foundation Level nach IREB-Standard*. 2., aktualisierte Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2010.
- [Por85] PORTER, Michael E. *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York, NY (US): Free Press, 1985.
- [Por08] PORTER, Michael E. *Wettbewerbsstrategie (Competitive Strategy): Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten*. 11., durchges. Aufl. Übers. von BRANDT, Volker; SCHWOERER, Thomas Carl. Frankfurt am Main und New York, NY (US): Campus-Verl, 2008.
- [PPI18a] PPI AG. *PPI AG* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.ppi.de>.
- [PPI18b] PPI AG. *PPI Aktiengesellschaft: PPI-Digitalisierungsrad zur Orientierung* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.ppi.de/versicherungen/digitalisierung/strukturierung-das-ppi-digitalisierungsrad/>.
- [Pre+08] PRESUTTI, Valentina; DAGA, Enrico; GANGEMI, Aldo; SALVATI, Alberto. <http://ontologydesignpatterns.org> [ODP]. In: BIZER, Christian; JOSHI, Anupam (Hrsg.). *Proceedings of the Poster and Demonstration Session at the 7th International Semantic Web Conference (ISWC2008), Karlsruhe, Germany, October 28, 2008* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2008, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 401 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ceur-ws.org/Vol-401/iswc2008pd\\_submission\\_84.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-401/iswc2008pd_submission_84.pdf).

- [PRR12] PROBST, Gilbert; RAUB, Steffen; ROMHARDT, Kai. *Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen* [online]. 7. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8349-4563-1.
- [PB18] PROENÇA, Diogo; BORBINHA, José. Using Enterprise Architecture Model Analysis and Description Logics for Maturity Assessment. In: HADDAD, Hisham M.; WAINWRIGHT, Roger L.; CHBEIR, Richard (Hrsg.). *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC 2018, Pau, France, April 09-13, 2018* [online]. New York, NY (US): ACM Press, 2018, S. 102–109 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1145/3167132.3167140.
- [PB13] PRUD'HOMMEAUX, Eric; BUIL-ARANDA, Carlos (Hrsg.). *SPARQL 1.1 Federated Query: W3C Recommendation 21 March 2013* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-federated-query-20130321/>.
- [QUD17] QUDT.ORG. *QUDT - Quantities, Units, Dimensions and Types* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://qudt.org>.
- [Ram+14] RAMOS, Andres; GOMEZ, Paola; SÁNCHEZ, Mario; VILLALOBOS, Jorge. Automated Enterprise-Level Analysis of ArchiMate Models. In: BIDER, Ilia; GAALOUL, Khaled; KROGSTIE, John; NURCAN, Selmin; PROPER, Henderik A.; SCHMIDT, Rainer; SOFFER, Pnina (Hrsg.). *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling: 15th International Conference, BPMDS 2014, 19th International Conference, EMMSAD 2014, Held at CAiSE 2014, Thessaloniki, Greece, June 16-17, 2014, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 175, S. 439–453 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-43745-2\_30.
- [Rau96] RAU, Harald. *Mit Benchmarking an die Spitze: Von den Besten lernen* [online]. Wiesbaden: Gabler, 1996 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-322-82692-3.
- [RK96] REHÄUSER, Jakob; KRUMHOLTZ, Helmut. Wissensmanagement im Unternehmen. In: SCHREYÖGG, Georg; CONRAD, Peter (Hrsg.). *Wissensmanagement*. Berlin und New York, NY (US): de Gruyter, 1996, Managementforschung, Bd. 6, S. 1–40.
- [RBH07] REICHLING, Peter; BIETKE, Daniela; HENNE, Antje. *Praxishandbuch Risikomanagement und Rating: Ein Leitfaden* [online]. 2., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2007 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8349-9192-8.
- [RR14] REINHEIMER, Stefan; ROBRA-BISSANTZ, Susanne. Business-IT-Alignment – Kernaufgabe der Wirtschaftsinformatik. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* [online]. 2014, **51**(5), S. 526–548 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1436-3011. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s40702-014-0078-0.
- [RF16] RICHTER, Michael; FLÜCKIGER, Markus D. *Usability und UX kompakt: Produkte für Menschen* [online]. 4. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016, IT kompakt (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-49828-6.
- [RGS14] ROSPOCHER, Marco; GHIDINI, Chiara; SERAFINI, Luciano. An Ontology for the Business Process Modelling Notation. In: GARBACZ, Pawel; KUTZ, Oliver (Hrsg.). *Formal Ontology in Information Systems - Proceedings of the Eighth International Conference, (FOIS2014)* [online]. Amsterdam (NL) u. a.: IOS Press, 2014, Frontiers in Artificial Intel-

- ligence and Applications, Bd. 267, S. 133–146 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.3233/978-1-61499-438-1-133.
- [Rot+13a] ROTH, Sascha; HAUDER, Matheus; FARWICK, Matthias; BREU, Ruth; MATTHES, Florian. Enterprise Architecture Documentation: Current Practices and Future Directions. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013* [online]. Paper 58, 2013, S. 911–925 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://aisel.aisnet.org/wi2013/58>.
- [Rot+13b] ROTH, Sascha; HAUDER, Matheus; MICHEL, Felix; MÜNCH, Dominik; MATTHES, Florian. Facilitating Conflict Resolution of Models for Automated Enterprise Architecture Documentation. In: SHIM, J.P.; HWANG, Yujong; PETTER, Stacie (Hrsg.). *Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013, Chicago, Illinois, USA, August 15-17, 2013* [online]. Association for Information Systems, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://aisel.aisnet.org/amcis2013/EnterpriseSystems/GeneralPresentations/5>.
- [Saa10] SAAT, Jan. Zeitbezogene Abhängigkeitsanalysen der Unternehmensarchitektur. In: SCHUMANN, Matthias; KOLBE, Lutz M.; BREITNER, Michael H.; FRERICHS, Arne (Hrsg.). *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, MKWI 2010, Göttingen, 23.-25.2.2010, Proceedings* [online]. Göttingen: Universitätsverlag Göttingen, 2010, S. 119–130 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://webdoc.gwdg.de/univerlag/2010/mkwi/01\\_management\\_und\\_methoden/enterprise\\_architecture\\_management/07\\_zeitbezogene\\_abhaengigkeitsanalyse\\_der\\_unternehmensarchitektur.pdf](http://webdoc.gwdg.de/univerlag/2010/mkwi/01_management_und_methoden/enterprise_architecture_management/07_zeitbezogene_abhaengigkeitsanalyse_der_unternehmensarchitektur.pdf).
- [SWS13] SANDKUHL, Kurt; WISSOTZKI, Matthias; STIRNA, Janis. *Unternehmensmodellierung: Grundlagen, Methode und Praktiken* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, Xpert.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-31093-5.
- [San+16] SANDKUHL, Kurt u. a. Enterprise Modelling for the Masses – From Elitist Discipline to Common Practice. In: HORKOFF, Jennifer; JEUSFELD, Manfred A.; PERSSON, Anne (Hrsg.). *The Practice of Enterprise Modeling: 9th IFIP WG 8.1. Working Conference, PoEM 2016, Skövde, Sweden, November 8-10, 2016, Proceedings* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2016, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 267, S. 225–240 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-48393-1\_16.
- [Sch10a] SCHARFFE, François. *Submissions:Class by attribute occurrence - Odp* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class\\_by\\_attribute\\_occurrence](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class_by_attribute_occurrence).
- [Sch10b] SCHARFFE, François. *Submissions:Class by attribute value - Odp* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class\\_by\\_attribute\\_value](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class_by_attribute_value).
- [Sch10c] SCHARFFE, François. *Submissions:Class equivalence - Odp* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class\\_equivalence](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class_equivalence).
- [Sch10d] SCHARFFE, François. *Submissions:Class intersection - Odp* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class\\_intersection](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class_intersection).
- [Sch10e] SCHARFFE, François. *Submissions:Class Union - Odp* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class\\_Union](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Class_Union).

- [Sch10f] SCHARFFE, François. *Submissions:Disjoint Classes - Odp* [online]. 2010 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Disjoint\\_Classes](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:Disjoint_Classes).
- [SZF14] SCHARFFE, François; ZAMAZAL, Ondřej; FENSEL, Dieter. Ontology alignment design patterns. *Knowledge and Information Systems* [online]. 2014, **40**(1), S. 1–28 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0219-3116. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10115-013-0633-y.
- [Sch04] SCHEKKERMAN, Jaap. *How to survive in the jungle of Enterprise Architecture Frameworks: Creating or choosing an Enterprise Architecture Framework*. 2nd ed. Victoria, B.C. (CA): Trafford, 2004.
- [Sch+16] SCHIRMER, Ingrid; DREWS, Paul; SAXE, Sebastian; BALDAUF, Ulrich; TESSE, Jöran. Extending Enterprise Architectures for Adopting the Internet of Things – Lessons Learned from the smartPORT Projects in Hamburg. In: ABRAMOWICZ, Witold; ALT, Rainer; FRAN CZYK, Bogdan (Hrsg.). *Business Information Systems: 19th International Conference, BIS 2016, Leipzig, Germany, July, 6-8, 2016, Proceedings* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2016, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 255, S. 169–180 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-39426-8\_14.
- [Sch10g] SCHLATTMANN, Johannes. Referenzarchitekturen für Versicherungen und ihre Bedeutung. In: ASCHENBRENNER, Michael; DICKE, Ralph; KARNARSKI, Bertel; SCHWEIGGERT, Franz (Hrsg.). *Informationsverarbeitung in Versicherungsunternehmen* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, S. 137–150 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-04321-5\_11.
- [Sch09] SCHÖNHERR, Marten. Towards a Common Terminology in the Discipline of Enterprise Architecture. In: FEUERLICHT, George; LAMERSDORF, Winfried (Hrsg.). *Service-Oriented Computing – ICSOC 2008 Workshops: ICSOC 2008 International Workshops, Sydney, Australia, December 1st, 2008, Revised Selected Papers* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 5472, S. 400–413 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-01247-1\_40.
- [Sch89] SCHÜLER, Wolfgang. Informationsmanagement: Gegenstand und organisatorische Konsequenzen. In: SPREMANN, Klaus; ZUR, Eberhard (Hrsg.). *Informationstechnologie und strategische Führung* [online]. Wiesbaden: Gabler, 1989, S. 181–187 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-322-83662-5\_12.
- [SK18] SEARLE, Samantha; KERREMANS, Marc. *Magic Quadrant for Enterprise Architecture Tools* [online]. Technischer Bericht. Gartner, 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.gartner.com/doc/3891874/magic-quadrant-enterprise-architecture-tools>.
- [Sei11] SEIDL, Jörg. *Multiprojektmanagement: Übergreifende Steuerung von Mehrprojektsituationen durch Projektportfolio- und Programmmanagement* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, Xpert.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-16723-2.
- [Sem13] SEMANTIC WEB DEPLOYMENT WORKING GROUP. *SKOS - Semantic Web Standards* [online]. 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/SKOS>.

- [Set15] SETHNA, Beheruz N. Extensions and Testing of Importance-Performance Analysis. In: KOTHARI, Vinay (Hrsg.). *Proceedings of the 1982 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference, Las Vegas, Nevada, May 5-8, 1982* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2015, Developments in Marketing Science: Proceedings of the Academy of Marketing Science, S. 327–331 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-16946-0\_77.
- [SL90] SHETH, Amit P.; LARSON, James A. Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases. *ACM Computing Surveys* [online]. 1990, **22**(3), S. 183–236 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0360-0300. Verfügbar unter: DOI: 10.1145/96602.96604.
- [Sig17] SIGNAVIO GMBH. *Signavio Process Manager: Prozess- und Entscheidungsmanagement für die gesamte Organisation* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.signavio.com/wp-content/uploads/2017/05/Signavio-Process-Manager-DE-2017-WEB.pdf>.
- [Sig18a] SIGNAVIO GMBH. *Enterprise Architecture mit Archimate® 3.0 | Signavio* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.signavio.com/de/enterprise-architecture-mit-archimate-2-1/>.
- [Sig18b] SIGNAVIO GMBH. *Prozess- und Entscheidungsmanagement im Team | Signavio* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.signavio.com/de>.
- [Sil12a] SILVER, Bruce. *BPMN Methode und Stil: Zweite Auflage, mit dem BPMN Handbuch für die Prozessautomatisierung*. 2. Aufl. Übers. von FISCHLI, Stephan. Aptos, CA (US): Cody-Cassidy Press, 2012.
- [Sil12b] SILVER, Steven. *Assessing Importance and Satisfaction with Factors in Intermodal Work Commuting* [online]. Report, MTI Report WP 11-02. Mineta Transportation Institute, San José State University: San José, CA (US), 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://transweb.sjsu.edu/PDFs/research/1033-factors-in-intermodal-work-commuting.pdf>.
- [Sim13] SIMON, Daniel. *Enterprise Architecture Management: Business Elements, Application, and Integration with Related Fields*. Dissertation. Universität zu Köln. Köln, 2013.
- [SFS14] SIMON, Daniel; FISCHBACH, Kai; SCHODER, Detlef. Enterprise architecture management and its role in corporate strategic management. *Information Systems and e-Business Management* [online]. 2014, **12**(1), S. 5–42 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1617-9854. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10257-013-0213-4.
- [SV15] SINGH, Prince M.; VAN SINDEREN, Marten J. Lightweight Metrics for Enterprise Architecture Analysis. In: ABRAMOWICZ, Witold (Hrsg.). *Business Information Systems Workshops: BIS 2015 International Workshops, Poznań, Poland, June 24-26, 2015, Revised Papers* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2015, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 228, S. 113–125 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-26762-3\_11.
- [Sla94] SLACK, Nigel. The Importance-Performance Matrix as a Determinant of Improvement Priority. *International Journal of Operations & Production Management* [online]. 1994, **14**(5), S. 59–75 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0144-3577. Verfügbar unter: DOI: 10.1108/01443579410056803.

- [SV13] SÖRENSON, Anna; VON FRIEDRICH, Yvonne. An importance-performance analysis of sustainable tourism: A comparison between international and national tourists. *Journal of Destination Marketing & Management* [online]. 2013, 2(1), S. 14–21 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 2212-571X. Verfügbar unter: DOI: 10.1016/j.jdmm.2012.11.002.
- [Sta13] STAPELKAMP, Torsten. *Informationsvisualisierung: Web - Print - Signaletik. Erfolgreiches Informationsdesign: Leitsysteme, Wissensvermittlung und Informationsarchitektur* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, X.media.press (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-02076-6.
- [Ste02] STEGER, Angelika. *Diskrete Strukturen 1: Kombinatorik, Graphentheorie, Algebra* [online]. 1., korr. Nachdr. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002, Springer-Lehrbuch (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-08133-4.
- [Sto17] STORNER, Henrik. *The Xymon Monitor* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://xymon.sourceforge.net>.
- [Stu11a] STUCKENSCHMIDT, Heiner. *Ontologien: Konzepte, Technologien und Anwendungen* [online]. 2. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, Informatik im Fokus (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-05404-4.
- [SS16] STUHT, Thomas; SPECK, Andreas. Bridging the Gap Between Independent Enterprise Architecture Domain Models. In: ABRAMOWICZ, Witold; ALT, Rainer; FRAN CZYK, Bogdan (Hrsg.). *Business Information Systems: 19th International Conference, BIS 2016, Leipzig, Germany, July, 6-8, 2016, Proceedings* [online]. Cham (CH): Springer International Publishing, 2016, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 255, S. 277–288 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-319-39426-8\_22.
- [Stu+12] STUHT, Thomas; SPECK, Andreas; FEJA, Sven; WITT, Sören; PULVERMÜLLER, Elke. Rule Determination and Process Verification Using Business Capabilities. In: SANDKUHL, Kurt; SEIGERROTH, Ulf; STIRNA, Janis (Hrsg.). *The Practice of Enterprise Modeling: 5th IFIP WG 8.1 Working Conference, PoEM 2012, Rostock, Germany, November 7-8, 2012, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, Lecture Notes in Business Information Processing, Bd. 134, S. 46–60 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-34549-4\_4.
- [Stu11b] STUMPP, Kai-Steffen. Erstellung von Prozesslandkarten und Prozessmodellierung. In: GEN SCH, Christian; MOORMANN, Jürgen; WEHN, Robert (Hrsg.). *Prozessmanagement in der Assekuranz*. Frankfurt am Main: Frankfurt School Verlag, 2011, S. 71–85.
- [SZ08] STYCH, Christof; ZEPPENFELD, Klaus. *ITIL®*. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, Informatik im Fokus.
- [SKR13] SUNKLE, Sagar; KULKARNI, Vinay; ROYCHOUDHURY, Suman. Analyzing Enterprise Models Using Enterprise Architecture-Based Ontology. In: MOREIRA, Ana; SCHÄTZ, Bernhard; GRAY, Jeff; VALLECILLO, Antonio; CLARKE, Peter (Hrsg.). *Model-Driven Engineering Languages and Systems: 16th International Conference, MODELS 2013, Miami, FL, USA, September 29 – October 4, 2013, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 8107, S. 622–638 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-642-41533-3\_38.

- [Syd+95] SYDOW, Jörg; WINDELER, Arnold; KREBS, Michael; LOOSE, Achim; VAN WELL, Bennet. *Organisation von Netzwerken: Strukturierungstheoretische Analysen der Vermittlungspraxis in Versicherungsnetzwerken* [online]. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 1995, Schriftenreihe der ISDN-Forschungskommission des Landes Nordrhein-Westfalen (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-322-99598-8.
- [The17a] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena - Jena architecture overview* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://jena.apache.org/about\\_jena/architecture.html](https://jena.apache.org/about_jena/architecture.html).
- [The17b] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Tapestry Home Page* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://tapestry.apache.org>.
- [The18a] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://jena.apache.org>.
- [The18b] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena - Reasoners and rule engines: Jena inference support* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://jena.apache.org/documentation/inference/>.
- [The18c] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena - TDB* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://jena.apache.org/documentation/tdb/index.html>.
- [The18d] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena - TDB Datasets* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://jena.apache.org/documentation/tdb/datasets.html>.
- [The18e] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena - The core RDF API* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://jena.apache.org/documentation/rdf/index.html>.
- [The18f] THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Jena - What Is Jena?* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://jena.apache.org/about\\_jena/about.html](https://jena.apache.org/about_jena/about.html).
- [The18g] THE ECLIPSE FOUNDATION. *Eclipse desktop & web IDEs* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://eclipse.org/ide/>.
- [The18h] THE ECLIPSE FOUNDATION. *Rich Client Platform - Eclipsepedia* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [https://wiki.eclipse.org/Rich\\_Client\\_Platform](https://wiki.eclipse.org/Rich_Client_Platform).
- [The09] THE OPEN GROUP. *TOGAF Version 9: The Open Group Architecture Framework (TOGAF)*. The Open Group, 2009, TOGAF series, Nr. G091.
- [The13a] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 2.1 Specification* [online]. 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate2-doc/toc.html>.
- [The13b] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 2.1 Specification: 3 Business Layer* [online]. 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate2-doc/chap03.html>.
- [The17c] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/toc.html>.

- [The17d] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: 12 Cross-Layer Dependencies* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap12.html>.
- [The17e] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: 14 Stakeholders, Viewpoints, and Views* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap14.html>.
- [The17f] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: 15 Language Customization Mechanisms* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap15.html>.
- [The17g] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: 3 Language Structure* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap03.html>.
- [The17h] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: 5 Relationships* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap05.html>.
- [The17i] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: 7 Strategy Elements* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap07.html>.
- [The17j] THE OPEN GROUP. *ArchiMate® 3.0.1 Specification: E Changes from ArchiMate 2.1 to ArchiMate 3.0 (Informative)* [online]. 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/apdxe.html>.
- [The18i] THE OPEN GROUP. *The Open Group ArchiMate® Forum Landing Page | The Open Group* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www3.opengroup.org/subjectareas/enterprise/archimate>.
- [The13c] THE W3C SPARQL WORKING GROUP (Hrsg.). *SPARQL 1.1 Overview: W3C Recommendation 21 March 2013* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-overview-20130321/>.
- [Tho+17] THOMMEN, Jean-Paul; ACHLEITNER, Ann-Kristin; GILBERT, Dirk Ulrich; HACHMEISTER, Dirk; KAISER, Gernot. *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht* [online]. 8., vollst. überarb. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-07768-6.
- [Top11] TOPQUADRANT. *Documentation for QUDT Catalog* [online]. 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://linkedmodel.org/catalog/qudt/1.1/>.
- [Tun18] TUNNEL VISION LABORATORIES, LLC. *ANTLRWorks 2 | Tunnel Vision Laboratories* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://tunnelvisionlabs.com/products/demo/antlrworks>.
- [Ull00] ULLMAN, Jeffrey D. Information integration using logical views. *Theoretical Computer Science* [online]. 2000, **239**(2), S. 189–210 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0304-3975. Verfügbar unter: DOI: 10.1016/S0304-3975(99)00219-4.

- [UB03] UPPINGTON, Greg; BERNUS, Peter. Analysing the Present Situation and Refining Strategy. In: BERNUS, Peter; NEMES, Laszlo; SCHMIDT, Günter (Hrsg.). *Handbook on Enterprise Architecture* [online]. Berlin, Heidelberg und New York, NY (US): Springer Berlin Heidelberg, 2003, International Handbooks on Information Systems, S. 309–332 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-24744-9\_8.
- [Van+04] VAN BUUREN, René; JONKERS, Henk; IACOB, Maria-Eugenia; STRATING, Patrick. Composition of Relations in Enterprise Architecture Models. In: EHRIG, Hartmut; ENGELS, Gregor; PARISI-PRESICCE, Francesco; ROZENBERG, Grzegorz (Hrsg.). *Graph Transformations: Second International Conference, ICGT 2004, Rome, Italy, September 28–October 1, 2004, Proceedings* [online]. Berlin und Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, Lecture Notes in Computer Science, Bd. 3256, S. 39–53 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-540-30203-2\_5.
- [Van+13] VAN DEN HOOFF, Bart; VERMEULEN, Tim; FELDBERG, Frans; VERHAGEN, Tibert. Mind The Gap: Importance-Performance Gaps As Determinants Of User Satisfaction With Information Systems. In: *ECIS 2013 Completed Research* [online]. Paper 38, 2013 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: [http://aisel.aisnet.org/ecis2013\\_cr/38](http://aisel.aisnet.org/ecis2013_cr/38).
- [VD13] VERBORGH, Ruben; DE WILDE, Max. *Using OpenRefine*. Birmingham (UK): Packt Publishing, 2013.
- [W3C18a] W3C (Hrsg.). *ConverterToRdf - W3C Wiki* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.w3.org/wiki/ConverterToRdf>.
- [W3C18b] W3C (Hrsg.). *RdfStoreBenchmarking - W3C Wiki* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.w3.org/wiki/RdfStoreBenchmarking>.
- [W3C12] W3C OWL WORKING GROUP (Hrsg.). *OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition): W3C Recommendation 11 December 2012* [online]. W3C Recommendation. W3C, 2012 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-overview-20121211/>.
- [Wac+01] WACHE, H.; VÖGELE, T.; VISSER, U.; STUCKENSCHMIDT, H.; SCHUSTER, G.; NEUMANN, H.; HÜBNER, S. Ontology-Based Integration of Information — A Survey of Existing Approaches. In: GÓMEZ PÉREZ, A.; GRUNINGER, M.; STUCKENSCHMIDT, H.; USCHOLD, M. (Hrsg.). *Proceedings of the IJCAI-01 Workshop on Ontologies and Information Sharing, Seattle, USA, August 4-5, 2001* [online]. Aachen: CEUR-WS.org, 2001, CEUR Workshop Proceedings, Bd. 47, S. 108–117 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <http://ceur-ws.org/Vol-47/wache.pdf>.
- [Wag11] WAGNER, Fred (Hrsg.). *Gabler Versicherungslexikon* [online]. Wiesbaden: Gabler, 2011 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-8349-6481-6.
- [WP96] WARD, John; PEPPARD, Joe. Reconciling the IT/business relationship: a troubled marriage in need of guidance. *Journal of Strategic Information Systems* [online]. 1996, 5(1), S. 37–65 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0963-8687. Verfügbar unter: DOI: 10.1016/S0963-8687(96)80022-9.
- [Wie16] WIERDA, Gerben. *ArchiMate 3.0: The Good, The Bad, and The Ugly | Mastering ArchiMate* [online]. 2016 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://masteringarchimate.com/2016/06/26/archimate-3-0-the-good-the-bad-and-the-ugly/>.
- [Wik18] WIKIMEDIA FOUNDATION. *Wikipedia* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.wikipedia.org>.

- [WF07] WINTER, Robert; FISCHER, Ronny. Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. *Journal of Enterprise Architecture*. 2007, **3**(2), S. 7–18. ISSN 2166-6792.
- [WLF14] WINTER, Robert; LEGNER, Christine; FISCHBACH, Kai. Introduction to the special issue on enterprise architecture management. *Information Systems and e-Business Management* [online]. 2014, **12**(1), S. 1–4 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 1617-9854. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10257-013-0221-4.
- [Wor18] WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). *World Wide Web Consortium (W3C)* [online]. 2018 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: <https://www.w3.org>.
- [YS01] YAVAS, Ugur; SHEMWELL, Donald J. Modified importance-performance analysis: an application to hospitals. *International Journal of Health Care Quality Assurance* [online]. 2001, **14**(3), S. 104–110 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0952-6862. Verfügbar unter: DOI: 10.1108/09526860110391568.
- [Zac87] ZACHMAN, J. A. A framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal* [online]. 1987, **26**(3), S. 276–292 (Zugriff am: 24.11.2018). ISSN 0018-8670. Verfügbar unter: DOI: 10.1147/sj.263.0276.
- [ZS01] ZIMMERMANN, Werner; STACHE, Ulrich. *Operations Research: Quantitative Methoden zur Entscheidungsvorbereitung* [online]. 10., überarb. Aufl. München und Wien (AT): Oldenbourg, 2001 (Zugriff am: 24.11.2018). Verfügbar unter: DOI: 10.1524/9783486700787.