Netzwerkbasierte Ereignisorientierte Analyse von Geschäftsprozessen

von Diplom-Ingenieurin
Olga Levina
aus Kiew

von der Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften
- Dr. rer. nat. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. V. Markl
Gutachter: Prof. Dr. H. Krallmann
Gutachter: Prof. Dr. O. Günther

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 03. Mai 2012

Berlin 2012
D 83

Zusammenfassung: Das Ziel der Arbeit ist es, einen Ansatz zur quantitativen Analyse von Geschäftsprozessen, der auf dem Paradigma der (Sozialen) Netzwerkanalyse und der Verhaltensaspekte der Prozesse basiert, zu entwickeln. Die Informationsflüsse im Rahmen der Kommunikations- und Kollaborationsaktivitäten werden als eine Grundlage zur Bewertung und Klassifizierung von Prozessaktivitäten bzw. der Analyse von Strukturen im Geschäftsprozess aufgefasst. Die durch den Informationsaustausch und Prozessablauf entstehenden Zustandsänderungen der involvierten Geschäftsobjekte werden als Ereignisse betrachtet und bilden somit die Grundalge für die netzwerkbasierte Analyse der Prozesse. Dabei wird der Geschäftsprozess als ein Netzwerk aus Prozessaktivitäten (Knoten) und Informationsaustausch bzw. Ereignisfluss (Kanten) dargestellt. Diese Sicht stellt die Beziehungen zwischen den Prozessaktivitäten in Vordergrund und erlaubt eine Analyse der so entstehenden Prozesseigenschaften. Der Fokus wird statt auf den fachlichen Ablauf, auf die Transformation und Transport der Information im Prozess gesetzt.

Dieser Ansatz soll eine quantitative Analyse und eine informationsfokussierte Darstellung des Prozesses ermöglichen. Das Ziel ist es also, das analytische Instrumentarium der Netzwerkanalyse zur Beantwortung der Fragen aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements zu nutzen. Das Prozessnetzwerk kann dadurch mit Methoden und Werkzeugen der (Sozialen) Netzwerkanalyse (*social network analysis*) untersucht werden. Dieser Ansatz nimmt somit die Sicht auf Geschäftsprozesse als „sozialisierende“, also sich im gegenseitigen Informationsaustausch befindende, Gebilde ein und integriert die resultierenden Erkenntnisse in den Kontext des Geschäftsprozessmanagements.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden 58 Prozessmodelle aus der Industrie und Forschung aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements in Netzwerke überführt und mithilfe der (Sozialen) Netzwerkanalyse untersucht. Zur Beschreibung der Prozesseigenschaften werden Metriken aus der ereignisorientierten (Sozialen) Netzwerkanalyse an den Kontext des Geschäftsprozessmanagements angepasst und um prozessspezifische Metriken erweitert. Diese werden anschließend anhand von neuen Prozessen verifiziert.

Neben der ereignisorientierten netzwerkbasierten Analyse zur Ermittlung von Eigenschaften von Prozessen und Prozessaktivitäten, werden in dieser Arbeit ebenfalls Verfahren zur Bestimmung der verhaltensbildenden Prozesselemente wie Geschäftsregeln und Geschäftsereignisse entwickelt und in industriellen Fallstudien evaluiert. Die Ergebnisse des klassischen Vorgehens der Prozessanalyse werden mit den Ergebnissen der netzwerkbasierten Analyse, die auf die Prozesse aus den Fallstudien angewendet wird, verglichen. Durch diese Evaluation kann der Mehrwert des ereignisorientierten netzwerkbasierten Ansatzes zur Analyse der Geschäftsprozesse ermittelt werden.

Abstract: The goal of the thesis is to develop an approach for quantitative business process analysis, based on (social) network analysis and behavioral characteristics of business processes. The information flows taking place during the communication and collaboration activities are seen as the basis for evaluation and classification of process activities as well as the analysis of business process structures. The state changes of involved business objects that occur due to the information exchange and business process execution are considered events and the basis for the network-based analysis of the processes. Therefore, the business process is presented here as a network with process activities represented by vertices and information or event flow respectively represented by edges. This view centers on the relationships between process activities and allows analysis of the originating process properties. Thus, the focus is put on the transformation and transportation of information instead of on the proceeding itself.

This approach aims to enable a quantitative analysis and information-focused representation of the process. Thus, the analytical toolset of the network analysis is introduced here to explore the business process management domain. The process network will thus be analyzed using the methods and tools of (social) network analysis. This approach adapts the view of the business process as a "socializing", thus a communicating, entity and integrates the results into the context of business process management.

To achieve this goal 58 process models from industry and research in the area of business process management are transferred to network models and explored using the network analysis approach. To describe process characteristics, metrics from the domain of event-oriented (social) network analysis are adapted to the context of business process management. Also, business process specific metrics are derived. These metrics are verified using new business processes.

Parallel to the event-oriented network-based analysis of characteristics of processes and process activities a proceeding for identification of business process elements infecting process behavior such as business rules and events is developed and evaluated in case studies. These results of the classic process analysis are compared to the results that were derived applying the network-based analysis on the case study processes. Using these evaluation techniques the value and insights gained from the event-oriented network-based business process analysis can be determined.

Erklärung: Die im Folgenden verwendete männliche Form bezieht selbstverständlich die weibliche Form mit ein. Auf die Verwendung beider Geschlechtsformen wird mit Blick auf die bessere Lesbarkeit des Textes verzichtet.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung **2**
- 1.1. Motivation . . . 2
- 1.2. Forschungsfrage und erwarteter Mehrwert . . . 3
- 1.3. Epistemologie . . . 5
  - 1.3.1. Hypothesen . . . 6
  - 1.3.2. Operationalisierte Hypothesen . . . 8
- 1.4. Eingliederung in die Forschung der Wirtschaftsinformatik . . . 8
- 1.5. Evaluationsmethoden in der Wirtschaftsinformatik . . . 11
- 1.6. Gliederung der Arbeit . . . 13

2. Geschäftsprozesse und Geschäftsprozessmanagement **16**
- 2.1. Definition des Geschäftsprozesses . . . 16
  - 2.1.1. Elemente eines Geschäftsprozesses . . . 18
  - 2.1.2. Prozesseigenschaften . . . 21
- 2.2. Typisierung von Geschäftsprozessen und Aktivitäten . . . 23
  - 2.2.1. Allgemeine Typisierung von Geschäftsprozessen . . . 23
  - 2.2.2. Klassifizierung der Prozesse nach ihrem Automatisierungsgrad . . . 27
  - 2.2.3. Klassifizierung nach Verhaltensaspekten . . . 29
  - 2.2.4. Zusammenfassung der Prozesstypisierung . . . 31
  - 2.2.5. Klassifizierung der Prozessaktivitäten . . . 34
- 2.3. Geschäftsprozessmanagement . . . 36
  - 2.3.1. Geschäftsprozessorientierung . . . 36
  - 2.3.2. Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements . . . 39
  - 2.3.3. Anforderungen an das Geschäftsprozessmanagement . . . 40
- 2.4. Geschäftsprozessanalyse . . . 42
  - 2.4.1. Ziele der Prozessanalyse . . . 44
  - 2.4.2. Allgemeines Vorgehen der Systemanalyse . . . 46
  - 2.4.3. Datenorientierte Analyse . . . 48
  - 2.4.4. Funktionsorientierte Analyse . . . 49
  - 2.4.5. Objektorientierte Analyse . . . 49
  - 2.4.6. Prozessorientierte Analyse . . . 50
  - 2.4.7. Geschäftsregelorientierte Analyse . . . 51
  - 2.4.8. Netzwerkorientierte Systemanalyse . . . 52
  - 2.4.9. Ansätze zur quantitativen Geschäftsprozessanalyse . . . 54
- 2.5. Modellierung von Geschäftsprozessen . . . 56
  - 2.5.1. Aspekte der Modellerstellung . . . 56

2.5.2. Geschäftsprozessmodelle . . . 57
2.5.3. Notationen zur Geschäftsprozessmodellierung . . . 59
2.5.4. Generisches Meta-Modell eines Geschäftsprozesses . . . 60
2.5.5. Sprachen zur Dokumentation von Geschäftsprozessen . . . 62
2.5.6. Verwendete Modellierungselemente . . . 65
2.5.7. Zielgruppe der Prozessmodelle . . . 67
2.6. Zusammenfassung . . . 68

3. Verhaltensaspekte des Geschäftsprozesses 69
3.1. Geschäftsregeln- Der Regelbegriff und Definition . . . 69
3.1.1. Geschäftsregelansatz . . . 74
3.1.2. Geschäftsregeln in Geschäftsprozessen . . . 76
3.1.3. Geschäftsregeln und Entscheidungen . . . 78
3.1.4. Identifikation von Geschäftsregeln . . . 82
3.1.5. Techniken der Wissensbeschaffung im Unternehmen . . . 83
3.2. Vorgehensmodell zur Extraktion der Geschäftsregeln . . . 92
3.2.1. Allgemeine Herangehensweise . . . 93
3.2.2. Bewertung der Relevanz einzelner Geschäftsobjekte . . . 95
3.3. Ereignisse- Definition und Ereignisorientierung . . . 96
3.3.1. Ereignisdefinition . . . 99
3.3.2. Ereignisstruktur und Darstellung in Geschäftsprozessmodellen . . . 102
3.4. Ereignisorientierung und ihre Umsetzung . . . 106
3.4.1. Kriterien zur ereignisorientierten Analyse und Umsetzung von Geschäftsprozessen . . . 108
3.4.2. Vorgehen zur Ereignisidentifikation . . . 110
3.4.3. Prozesskriterien zur Beurteilung des Potenzials einer ereignisorientierten Prozessautomatisierung . . . 113
3.5. Geschäftsregeln und Ereignissteuerung . . . 117
3.6. Information im betrieblichen Kontext . . . 119
3.6.1. Informationseffizienz . . . 121
3.6.2. Bedeutung der Information im Kontext dieser Arbeit . . . 123
3.6.3. Informationsmanagement . . . 124
3.6.4. Informationsstruktur . . . 125
3.6.5. Informationsbedarf . . . 127
3.7. Zusammenfassung . . . 132

4. Soziale Netzwerkanalyse 133
4.1. Netzwerk und Graphentheorie . . . 133
4.2. Soziale Netzwerke . . . 135
4.3. Soziale Netzwerkanalyse . . . 137
4.3.1. Grundlegende Konzepte der Netzwerkanalyse . . . 139
4.3.2. Strukturelle Eigenschaften eines Netzwerks . . . 140

4.4. Übersicht der strukturellen Metriken in der Analyse von sozialen Netzwerken . . . 141
4.4.1. Metriken der Netzwerkebene . . . 141
4.4.2. Netzwerkmetriken der Akteurebene . . . 145
4.5. Informationsvisualisierung . . . 149
4.5.1. Visualisierung von betrieblichen Informationen . . . 152
4.5.2. Netzwerkvisualisierung und Analyse mit Commetrix . . . 152
4.6. Übersicht der Anwendungen der Sozialen Netzwerkanalyse im Rahmen der Geschäftsprozessanalyse . . . 154
4.7. Zusammenfassung . . . 156

5. Forschungsmethode 157
5.1. Aufbau der Untersuchung . . . 157
5.1.1. Datengenerierung . . . 159
5.1.2. Diskussion der Datenerhebung . . . 161
5.2. Annahmen und Hypothesen . . . 163
5.2.1. Annahmen . . . 163
5.2.2. Hypothesen . . . 164
5.3. Auswertung der Daten . . . 165
5.3.1. Statistische Kennwerte . . . 166
5.3.2. Statistische Verfahren . . . 166
5.4. Methoden zur Evaluierung der Ergebnisse . . . 169

6. Prozessmetriken 172
6.1. Messtheorie . . . 173
6.2. Forschungsansätze im Bereich der Metriken für Geschäftsprozessmodelle . . . 176
6.2.1. Softwaredesignprinzipien und Geschäftsprozesse . . . 177
6.2.2. Metriken im Kontext der Geschäftsprozessmodelle . . . 178
6.2.3. Übersicht der Forschungsansätze zur Quantifizierung von Prozessmetriken . . . 180
6.2.4. Metriken für Geschäftsprozessmodelle . . . 183
6.3. Informationsmetriken in der Softwareentwicklung . . . 185
6.4. Metriken der Prozesseigenschaften . . . 186
6.4.1. Strukturmetriken . . . 186
6.4.2. Knotenmetriken . . . 192
6.5. Zusammenfassung . . . 193

7. Netzwerkbasierte Typisierung und Analyse von Geschäftsprozessen 195
7.1. Verifikation des netzwerkbasierten Ansatzes zur Geschäftsprozessanalyse . . . 196
7.2. Prozesstypisierung . . . 198
7.2.1. Identifikation von Prozesstypen: Faktorenanalyse . . . 198
7.2.2. Identifikation von Prozesstypen: Clusteranalyse . . . 202
7.3. Definition von Metriken für Prozesstypen . . . 205
7.3.1. Automatisierbare Prozesse . . . 207

7.3.2. Kernprozesse . . . 210
7.3.3. Informationsintensive Prozesse . . . 211
7.3.4. Entscheidungsintensive Prozesse . . . 214
7.3.5. Abstimmungsintensive Prozesse . . . 217
7.3.6. Flexible Prozesse . . . 219
7.3.7. Verteilte Prozesse . . . 222
7.3.8. Kommunikationsintensive Prozesse . . . 225
7.3.9. Ereignisreiche Prozesse . . . 226
7.4. Zusammenfassung der Prozesstypen und Eigenschaften . . . 227
7.5. Validierung der Prozessmetriken anhand neuer Prozesse . . . 229
7.6. Typisierung von Aktivitäten . . . 231
7.6.1. Vorgehen der Auswertung . . . 232
7.6.2. Ausschlaggebende Metriken zur Typisierung von Prozessschritten . 234
7.6.3. Bezug der Informationsmetriken zu Prozesstypen . . . 238
7.7. Validierung der Metriken für Prozessaktivitäten . . . 239
7.8. Zusammenfassung der Erkenntnisse der Aktivitätentypisierung . . . 242
7.9. Cognitive Fit . . . 242
7.9.1. Untersuchungsgegenstand . . . 244
7.9.2. Experimentaufbau und –Ablauf . . . 245
7.9.3. Auswertung und Ergebnisse des Experiments . . . 249
7.9.4. Diskussion der Methode und Ergebnisse . . . 253

8. Netzwerkbasierter Ansatz zur ereignisorientierten Prozessanalyse 255
8.1. Einsatz der Sozialen Netzwerkanalyse zur Analyse von Geschäftsprozessen 255
8.2. Vorgehen der netzwerkbasierten ereignisorientierten Prozessanalyse . . . 258
8.3. Definition von Prozessaktivitäten . . . 261
8.4. Prozesstypen und ihre Eigenschaften . . . 262
8.5. Maßnahmen für das Management von Geschäftsprozessen aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse . . . 265
8.6. Zusammenfassung und Diskussion des Ansatzes . . . 268

9. Fallstudien 272
9.1. BKK vor Ort . . . 272
9.1.1. Thematische Einführung . . . 273
9.1.2. Einführung in das Unternehmen und Projektbeschreibung . . . 273
9.1.3. Vorgehen im Projekt . . . 273
9.1.4. Ergebnisse des Projekts . . . 274
9.1.5. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse . . . 277
9.1.6. Vergleich der Ergebnisse . . . 278
9.1.7. Reaktion des Kunden . . . 279
9.2. Autovermietung . . . 280
9.2.1. Thematische Einführung . . . 280
9.2.2. Vorhabensbeschreibung . . . 280
9.2.3. Vorgehen in der Fallstudie . . . 280

9.2.4. Ergebnisse der Fallstudie . . . 281
9.2.5. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse . . . 281
9.2.6. Vergleich der Ergebnisse . . . 282
9.3. Deutsche Telekom AG . . . 283
9.3.1. Thematische Einführung . . . 283
9.3.2. Projektbeschreibung . . . 283
9.3.3. Vorgehen im Projekt . . . 283
9.3.4. Ergebnisse des Projekts . . . 284
9.3.5. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse . . . 284
9.3.6. Vergleich der Ergebnisse . . . 286
9.3.7. Reaktion des Kunden . . . 287
9.4. Siemens AG . . . 287
9.4.1. Einführung ins Unternehmen und Beschreibung des Vorhabens . . . 287
9.4.2. Vorgehen in der Fallstudie . . . 287
9.4.3. Ergebnisse des Projekts . . . 288
9.4.4. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse . . . 289
9.4.5. Vergleich der Ergebnisse . . . 290
9.4.6. Reaktion des Kunden . . . 291
9.5. Konsumgüterhersteller . . . 291
9.5.1. Thematische Einführung . . . 291
9.5.2. Vorgehensbeschreibung . . . 291
9.5.3. Ergebnisse der Fallstudie . . . 291
9.5.4. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse . . . 292
9.5.5. Vergleich der Ergebnisse . . . 292
9.6. Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Fallstudien . . . 293

10. Zusammenfassung und Ausblick **295**

Literaturverzeichnis **299**

A. Übersicht- Prozesse **330**

B. Prozesstypisierung **337**

C. Prozessvisualisierung **356**

D. Prüfprozesse **359**

E. Zufallsnetzwerke **374**

Abbildungsverzeichnis

1.4.1.Forschungsframework des Information Systems Research (Hevner et al. (2004, S. 233)) 10
1.6.1.Vorgehensmodell der quantitativen Forschung (Kromrey (2009, S. 84)) . . 14

2.1.1.Dimensionen der Prozessklassifikation nach Bessai et al. (2008) 22
2.2.1.Hierarchie des Prozessaufbaus (DeutscheGesellschaftQualitäteV (1999)) . . 24
2.2.2.Prozessklassifikation nach Prozessprodukt (DIN EN ISO 9000:2000) . . . 24
2.3.1.Lifecycle des Geschäftsprozessmanagements (Mendling (2009, S. 5)) 40
2.4.1.Vorgehensmodell der Systemanalyse im Unternehmen (Frank et al. (2007, S. 136)) 47
2.5.1.Klassifikation von Techniken zur Geschäftsprozessmodellierung (Vergidis et al. (2008)) 58
2.5.2.Zuordnung der Geschäftsprozessmodellierung zu Analyseansätzen (Vergidis et al. (2008)) 59
2.5.3.Organisatorische, informationsorientierte und funktionale Sicht auf Prozesse (List and Korherr (2006)) 62
2.5.4.Metamodell der Business Process Management Notation (Korherr and List (2007)) 64
2.5.5.Auszug: BPMN-Elemente (eigene Darstellung) 66

3.1.1.Entstehung der Geschäftsregeln (BusinessRuleGroup) 71
3.1.2.Verallgemeinerte Struktur einer Geschäftsregel (eigene Darstellung) 72
3.1.3.Struktur einer Geschäftsregel (eigene Darstellung) 73
3.1.4.Meta-Modell zur Darstellung einer Geschäftsregel (Herbst (1995)) 77
3.1.5.Entscheidungsstruktur im Unternehmen (Anthony (1965)) 80
3.1.6.Entscheidungsrahmenwerk nach Gorry and Morton (1971) 81
3.1.7.Verteilung des Unternehmenswissens (Goesmann2002, S.86) 83
3.2.1.Integration der Geschäftsregeln in die klassische Systemanalyse nach Krallmann et al. (2002) (Levina (2009)) 93
3.2.2.Grobgranularer Ablauf zur Identifikation und Extraktion der Geschäftsregeln (eigene Darstellung) 94
3.2.3.Vorgehen zur Identifikation und Extraktion von Geschäftsregeln (Levina et al. (2010a)) 95
3.2.4.Entscheidungsbaum zur Entscheidung über die Betrachtung einer bestimmten Person bzw. eines Systems als Geschäftsobjekt (Levina et al. (2010a)) 96
3.3.1.Ereignisstruktur (eigene Darstellung) 103

3.3.2.Ereignisse in EPK- (links) und Petri-Netz-Notation (rechts) (eigene Darstellung) . . . 104
3.3.3.Ereignisdarstellungen: UML Zustandsdiagramm (oben) und Visual Event (eigene Darstellung) . . . 105
3.4.1.Das allgemeine Vorgehen zur Bewertung der Geschäftsprozesse bzgl. Ereignisorientierung . . . 109
3.4.2.Vorgehen zur Ereignisidentifikation (eigene Darstellung) . . . 111
3.4.3.Beurteilung der Relevanz eines Akteurs für die Ereignisorientierung (eigene Darstellung) . . . 112
3.4.4.Beurteilung der Relevanz eines Ereignisses (eigene Darstellung) . . . 113
3.5.1.Geschäftsregeln und Ereignisse (eigene Darstellung) . . . 117
3.5.2.Komplexe Ereignisse im Kontext der Geschäftsregeln (El Kharbili and Stojanovic (2009)) . . . 118
3.6.1.Betriebliche Informationsmengen (Strauch (2002, S. 70)) . . . 124
3.6.2.Aufgaben des Informationsmanagements (Stickel (2001, S. 4)) . . . 125

4.5.1.Netzwerkanalyse mit Commetrix (eigene Darstellung) . . . 153

5.1.1.Forschungsvorgehen (Kromrey (2009, S. 84)) . . . 158
5.1.2.Datengenerierung zur Netzwerkanalyse (eigene Darstellung) . . . 159
5.1.3.Commterix-Datenmodell (Trier (2005)) . . . 160
5.1.4.BPMN-Prozessmodell und Prozessnetzwerk (eigene Darstellung) . . . 160

7.2.1.Vorgehen der Clusteranalyse (eigene Darstellung) . . . 203
7.3.1.Vorgehen zum Bestimmen der Prozessmetriken (eigene Darstellung) . . . 207
7.3.2.Prozessnetzwerke: linearer (links) und nicht linearer (rechts) (eigene Darstellung) . . . 208
7.3.3.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Automatisierbarkeit . . . 209
7.3.4.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Kernprozesse . . . 210
7.3.5.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: informationsintensive Prozesse . . . 212
7.3.6.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: entscheidungsintensive Prozesse . . . 215
7.3.7.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: abstimmungsintensive Prozesse . . . 218
7.3.8.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: flexible Prozesse . . . 221
7.3.9.Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Vergleich der flexiblen und entscheidungsintensiven Prozesse . . . 222
7.3.10Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: verteilte Prozesse . . . 224
7.4.1.Mittelwerte der Metriken: Größe, Vernetztheit und Stabilität . . . 229
7.6.1.Komponentenmatrix: Faktorenanalyse der Rollen im Netzwerk . . . 233
7.7.1.Prozessnetzwerke (P3) mit Informationsquellen (links) und -Senken (rechts) . . . 241
7.9.1.Allgemeines Problemlösungsmodel (Vessey (1991)) . . . 243
7.9.2.Prozessdarstellungen für das Visualisierungsexperiment (eigene Darstellung) . . . 247

A.0.1Übersicht der Netzwerkmetriken für die untersuchten Prozesse . . . 334

A.0.2Übersicht der Netzwerkmetriken für die untersuchten Prozesse (Prozesse 27-58) 335
A.0.3Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Prozessnetzwerke 336

E.0.1Ergebnisse der Erstellung von Zufallsnetzwerken 375

Tabellenverzeichnis

2.1. Prozessvariablen nach Picot and Rohrbach (1995) 28
2.2. Übersicht der Prozesstypen und ihrer Attribute 31
2.3. Erweiterte Übersicht der Prozesstypen und ihrer Eigenschaften 32
2.4. Ausprägungen der Prozessattribute nach Bessai et al. (2008) 33
2.5. Übersicht der Typen von Prozessaktivitäten und ihrer Ausprägungen . . . 35
2.6. Mögliche Bereiche für Effizienzsteigerung von Prozessen (Frank et al. (2007, S. 170)) 45

3.1. Vorteile der expliziten Wissensformalisierung (Sinur (2007)) 75
3.2. Operationalisierung der Prozesskriterien zur Ereignisorientierung 115

4.1. Beispiel einer Soziomatrix 135
4.2. Beispiel einer Inzidenzmatrix 135

5.1. Strukturelle Eigenschaften der untersuchten Prozesse 162
5.2. Evaluierungstechniken nach Hevner et al. (2004) 171

6.1. Größe eines Netzwerks 187
6.2. Durchmesser eines Netzwerks 188
6.3. Dichte eines Netzwerks 189
6.4. Durchschnittliche Pfadlänge im Netzwerk 189
6.5. Durchschnittliche Verbundenheit des Netzwerks 190
6.6. Ereignisdichte eines Netzwerks 190
6.7. Kommunikationsdichte eines Netzwerks 191
6.8. Informationsdichte in einem Netzwerk 191
6.9. Flexibilität eines Prozessnetzwerks 192
6.10. Metrik der Informationsquelle 193
6.11. Informationssenke in einem Prozessnetzwerk 193
6.12. Metrik der Kernaktivität 194
6.13. Metrik der Kontrollaktivität 194

7.1. Vergleich der *real- world* Netzwerke 198
7.2. Zusammenfassung der Faktorenanalyse: Prozessmetriken 199
7.3. Faktorenanalyse der gesamten Metriken 201
7.4. Zusammenfassung der Prozesseigenschaften und ihrer Indikatoren 206
7.5. Übersicht der Prozesstypen und ihrer Metriken 228
7.6. Validierung der Prozessmetriken an neuen Prozessen 230

7.7. Übersicht der Aktivitätentypen und ihrer Metriken 237
7.8. Ergebnisse der Evaluierung der Aktivitätenmetriken 240
7.9. Übersicht der Experimentergebnisse 250
7.10. Zusammenfassung des Experiments zu Cognitive Fit Theorie 252

8.1. Übersicht der Konzepte 256
8.2. Übersicht der Aktivitätenmetriken und Grenzwerte 262
8.3. Übersicht der Prozesstypen: Metriken und Grenzwerte 263

9.1. Ergebnisse der Auswertung bzgl. der Automatisierbarkeit 274
9.2. Identifizierten Informationsquellen: Versorgungsmanagement 275
9.3. Geschäftsregeln des Versorgungsmanagementprozesses 276
9.4. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Versorgungsmanagement 277
9.5. Aktivitätenrollen Versorgungsmanagement 278
9.6. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Autovermietung 281
9.7. Aktivitätenrollen Autovermietung 282
9.8. Analyse der Prozesse auf ihre Eignung zur ereignisorientierten Implementierung 284
9.9. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Deutsche Telekom AG 285
9.10. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Siemens AG 289
9.11. Aktivitätenrollen Siemens AG (Gesamtprozess) 290
9.12. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Konsumgüterhersteller 292
9.13. Aktivitätenrollen Konsumgüterhersteller 292

Abkürzungsverzeichnis

B2C Business to Customer

BRMS Business Rules Management System

CEP Complex Event Processing

conn conntectivity

DC Degree Centrality

EDA Event Driven Architecture

IS Informationssystem

k.A. keine Angabe

LS (avg.) link strength

o. Ä. oder Ähnliches

PL (avg.) path length

SOA Service-Oriented Architecture

BC Betweenness Centrality

BPMN Business Process Modeling Notation

CC Closeness Centrality

DW Wert der Diskriminanzfunktion

s.g. so genannte

Tlw. Teilweise

u. A. unter Anderem

WfMS Workflow Management System

z.B. zum Beispiel

1. Einführung

In diesem einführenden Kapitel sollen zunächst die Motivation der Arbeit sowie die behandelte Forschungsfrage vorgestellt werden. Sowohl die Forschungsfrage als auch das Forschungsvorgehen sollen im Weiteren in den Kontext der Wirtschaftsinformatikforschung eingeordnet werden. Neben den Forschungshypothesen sollen zudem auch die Evaluationsmethoden der Wirtschaftsinformatik vorgestellt werden. Anschließend werden das Forschungsvorgehen und der entsprechende Aufbau der Arbeit umrissen.

1.1. Motivation

Geschäftsprozessmanagement ist ein Ansatz mit dem Fokus auf die Ausrichtung der organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Unternehmensziele unter Betrachtung der Kundenwünsche. Dabei verfügt der Ansatz über Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der Entwicklung, Ausführung, Verwaltung und Analyse von Geschäftsprozessen (van der Aalst et al. (2003)). Der Ansatz setzt auf Effizienz und Effektivität von Prozessen, um sie gleichzeitig flexibel und innovativ zu gestalten. Gestaltung, Analyse und Optimierung von Prozessen erfordert unter dieser Voraussetzung Kenntnis der Prozesselemente und ihrer Zusammenhänge. Eine der wichtigsten Ressourcen, die für die Ausführung der Mehrzahl von Prozessen gebraucht wird, ist die Information. Als immaterielle und stark zielgruppenorientierte Ressource ist es jedoch schwer ihren Einsatz in den Geschäftsabläufen zu bestimmen und zu bewerten. Einen möglicher Ansatz bietet jedoch die Sicht auf den Geschäftsprozess als ein System, dessen Elemente durch Kollaborations- und Kommunikationsbeziehungen mit einander verbunden sind.

Geschäftsprozesse bestehen aus Entitäten, die miteinander durch die Geschäftslogik, Ausführungsreihenfolge und Kommunikationsbeziehungen verbunden sind. Die Ausprägungen dieser Eigenschaften bilden die Grundlage für die Analyse, Klassifikation und Bewertung dieser Entitäten (Prozessaktivitäten).

Im Rahmen der Prozessorientierung gibt es zahlreiche Ansätze zur Klassifikation und Analyse von Geschäftsprozessen. Diese werden im Kapitel 2.2.2 vorgestellt. Je nach Art des betrachteten Prozesses spielt die Information- und Datenverarbeitung für die Prozessausführung eine andere Rolle. Das Verständnis von Kommunikations- und Kollaborationsflüssen kann durch die Strukturierung der Informationen und Daten in einem Prozess erreicht werden. Die ankommenden und gesendeten Informationen können nach Mustern, Inhalt und Bedeutung gefiltert bzw. zusammengefasst werden. Der resultierende Mehrwert dieser Informationsanalyse ist ein besseres Verständnis des Informationsbedarfs und –Flusses innerhalb des Prozesses und somit die Möglichkeit eines effizienten Einsatzes dieser Ressource.

Ein weiterer Vorteil der Informationsanalyse in Geschäftsprozessen entsteht vor dem Hintergrund der häufigen Veränderungen der betriebswirtschaftlichen Umwelt und dem daraus entstehenden Bedarf nach Veränderungen innerhalb der Geschäftsabläufe. Die Prozessorientierung erfordert jedoch einen wesentlichen Aufwand zur Aufnahme und Dokumentation von Prozessen. Durch die Veränderungen in den Abläufen bzw. in ihrer Umwelt passiert es nicht selten, dass die aufgenommenen Prozessdiagramme nicht mehr den aktuellen Abläufen entsprechen. Durch die Informationsanalyse eröffnet sich eine neue Sicht auf Prozesse, mit der es möglich sein soll, die für die Prozessabläufe wesentlichen Aktivitäten identifizieren zu können. Die Abbildung der Informationsflüsse in einem Prozessmodell führt zu Einblicken in das Systemverhalten, da es sich im Informationsaustausch widerspiegelt.

Eine Möglichkeit die Informationsflüsse zu erfassen ist es, die Geschäftsprozesse als Netzwerke aufzufassen und darzustellen. Durch diesen Ansatz können die Beziehungen zwischen den Systemelementen explizit gemacht und gezielt untersucht werden. Eine solche Darstellung erlaubt zum einen die Visualisierung von Informationsflüssen im Prozess und zum anderen die Ermittlung von Netzwerkmetriken der betrachteten Prozesse, d.h. Quantifizierung der Informationsflüsse und Prozessstrukturen. Die Erweiterung der Netzwerkanalyse auf das Visualisieren und Auswerten des menschlichen Verhaltens stellt die Soziale Netzwerkanalyse dar. Dieser Ansatz definiert bestimmte Rollen, die den Knoten im Netzwerk entsprechend ihrem Verhalten zugeordnet werden können. Die entsprechenden Metriken und Rollendefinitionen aus der (Sozialen) Netzwerkanalyse werden hier auf die Geschäftsprozesse angewendet und entsprechend erweitert, um die Klassifikation von Prozessaktivitäten gemäß ihrer Rolle in der Informationsverarbeitung zu ermöglichen.

1.2. Forschungsfrage und erwarteter Mehrwert

Die grundlegende Hypothese dieser Arbeit ist, dass den Geschäftsprozessen ein Verhalten zugeordnet werden kann, das durch den Kontrollflussablauf und den Nachrichtenaustausch zwischen den Aktivitäten und Akteuren repräsentiert wird. Des Weiteren wird angenommen, dass dieses Verhalten durch strukturelle Eigenschaften des Prozesses wie Prozessablauf und -Logik eingeschränkt wird. Basierend auf diesen Annahmen, kann der Untersuchungsschwerpunkt auf die Beziehungen zwischen den Aktivitäten und ihre Integration in das Prozessnetzwerk gelegt werden. Diese Herangehensweise führt zum Einsatz der Ansätze und Techniken aus dem Bereich der Netzwerkanalyse. So sollen also Prozesstypen und Rollen von Aktivitäten in einem Prozess definiert werden. Daher lautet die zentrale Frage der Arbeit: *Ist es möglich die (Soziale) Netzwerkanalyse zur quantitativen Analyse der Eigenschaften von Geschäftsprozessen anzuwenden?*

Um diese Frage beantworten zu können, werden Geschäftsprozesse basierend auf den auftretenden Ereignissen als Netzwerke dargestellt und analysiert. Der Mehrwert wird hierbei bei der Aufdeckung der Verhaltensstrukturen, die beim Austausch von Informationen und Daten entstehen, gesehen. Die Informationsflüsse im Rahmen der Kommunikations- und Kollaborationsaktivitäten werden als Grundlage zu Bewertung und Klassifikation von Prozessaktivitäten bzw. der Analyse von Strukturen im Geschäftsprozess aufgefasst.

Die durch den Informationsaustausch und Prozessablauf entstehenden Zustandsänderungen der involvierten Geschäftsobjekte werden als Ereignisse betrachtet, die die Grundalge für die netzwerkbasierte Analyse der Prozesse bilden. Dabei wird der Geschäftsprozess als ein Netzwerk mit Prozessaktivitäten als Knoten und der Informationsaustausch bzw. Ereignisfluss als Kanten dargestellt. Dieser Ansatz soll eine quantitative Analyse und eine informationsfokussierte Darstellung des Prozesses ermöglichen.

Das *Ziel* ist es also, das analytische Instrumentarium der (Sozialen) Netzwerkanalyse (*social network analysis*) zur Beantwortung der Fragen aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements zu nutzen. Diesem Vorgehen wird eine Sicht auf Geschäftsprozesse als „sozialisierende", also sich im gegenseitigen Informationsaustausch befindende Systeme, zugrunde gelegt. Durch die Identifikation der Prozessstrukturen soll eine fokussierte Prozessanalyse und -Kontrolle ermöglicht werden.

Als Ergebnis konnten im Laufe der Arbeit folgende Prozesstypen anhand ihres Informations- und Kommunikationsverhaltens identifiziert werden:

- Automatisierbare
- Informationsreiche
- Ereignisreiche
- Kommunikationsreiche
- Flexible
- Verteilte
- Entscheidungsreiche sowie
- Kernprozesse

Zudem konnten den Aktivitäten innerhalb des Prozesses folgende Rollen zugewiesen werden:

- Kommunikationsaktivitäten
- Informationssenken
- Informationsquellen
- Kernaktivitäten
- Prozesssenken
- Kontrollaktivitäten

Diese Ergebnisse wurden mithilfe der Verfahren der schließenden Statistik sowie den entsprechenden Hypothesentests, die auf die aus der Netzwerksicht abgeleiteten Metriken angewandt wurden, erzielt. Das genaue Vorgehen und die Ergebnisse sind in den Kapiteln 5 und 7 zusammengefasst.

Die Relevanz des betrachteten Themas wird zudem dadurch verdeutlicht, dass Teile dieser Forschungsarbeit bereits wissenschaftlich publiziert und im wissenschaftlichen Kontext beleuchtet wurden. So wurde das zur Evaluation verwendete Verfahren der geschäftsregelorientierten Geschäftsprozessanalyse bereits veröffentlicht (siehe Levina (2009);Levina et al. (2010a)). Die Entwicklung des Vorgehens der geschäftsregelorientierten Prozessanalyse basierte dabei auf einer entsprechenden Literaturübersicht und ergänzenden Experteninterviews. Das Vorgehen wurde zudem in den ebenfalls in dieser Arbeit erläuterten Fallstudien (siehe Abschnitt 9) evaluiert. Ebenso wurde die geschäftsregelorientierte Prozessanalyse dafür angewendet, um mithilfe der Simulationsmethode, den Mehrwert der Geschäftsregeln für die Prozessausführung zu verdeutlichen (Levina et al. (2010b)). Die Anwendung der Geschäftsregeln zur Unterstützung des operativen Entscheidungsprozesses wurde in (Levina (2011a)) beleuchtet. Hierbei wurde die geschäftsregelorientierte Prozessanalyse und –Modellierung angewendet. Im Kontext des Geschäftsprozessmanagements wurden ebenfalls die wiederkehrenden Entscheidungen auf den unterschiedlichen Unternehmensebenen (siehe Abbildung 3.1.5) in Fallstudien untersucht (siehe dazu Levina and Holschke (2011)).

Neben den Geschäftsregeln baut die vorliegende Arbeit auf den Geschäftsereignissen als Ausprägungen des Prozessverhaltens auf. Die Definition von Ereignissen im betriebswirtschaftlichen Kontext sowie das Vorgehen zur ihrer Identifikation wurden im Rahmen dieser Arbeit entwickelt und in den im Abschnitt 9 beschriebenen Fallstudien umgesetzt. Die IT-unterstützte Einbindung der Geschäftsereignisse in die Geschäftsprozessausführung wurde in (Levina and Stantchev (2009)) beleuchtet. Hierfür wurde im Gegensatz zu den oben beleuchteten Arbeiten, die hauptsächlich auf den qualitativen Forschungsansätzen basieren, der gestaltungswissenschaftliche Ansatz gewählt um eine ereignisorientierte SOA zu entwickeln. Diese wurde ebenfalls in einem Anwendungsbeispiel umgesetzt. Die netzwerkorientierte Sicht auf die Geschäftsprozesse und ihre Analyse wurde von Levina and Hillmann (2012) veröffentlicht bzw. von Levina (2011b) vorgetragen und veröffentlicht. Die Methoden, die zu diesem Ansatz und seinen Ergebnissen führten umfassten die Anwendung der Techniken der Netzwerkanalyse und analytischen Statistik. Diese werden im Laufe dieser Arbeit erläutert und evaluiert.

1.3. Epistemologie

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, quantitative Metriken zur Charakterisierung von Geschäftsprozessen abzuleiten und so das Verständnis von Prozessen sowie ihre Verwaltung positiv zu beeinflussen. Somit kann sie in den Bereich der empirischen quantitativen Forschung eingeordnet werden.

Empirische Wissenschaften sind Erfahrungswissenschaften und verfolgen das Ziel gesicherte Erkenntnisse über die Wirklichkeit zu gewinnen (Kromrey (2009, S. 15)). Als Basis für die Geltung ihrer Aussagen ziehen sie Wahrnehmungen der realen Geschehnisse heran. Wissenschaften, deren Aussagensysteme aufgrund formaler, logischer Kalküle wie in der Mathematik oder philosophischer Prinzipien basieren, gehören also nicht zu der Gruppe der empirischen Wissenschaften.

Die empirische betriebswissenschaftliche Forschung basiert auf dem Kritischen Rationalismus als Erkenntnisgrundlage. Hier wird zunächst der Grundgedanke dieses Ansatzes skizziert. Ein strukturierter Ablauf des entsprechenden Forschungsprojektes wird im Abschnitt 5 näher erläutert. Die Hauptaussage der empirischen Forschungsmethodologie aus der Sicht des Kritischen Rationalismus lautet: „alle Aussagen müssen an der Erfahrung überprüfbar sein, [d. h. sie] müssen sich in der Konfrontation mit der Realität bewähren“ (Kromrey (2009, S. 28), Popper (1971 bzw. 1994, S. 15)). Das bedeutet, dass alle Aussagen einer empirischen Wissenschaft (prinzipiell) erfahrbar sein und, im Falle, dass sie nicht zutreffen, an der Erfahrung scheitern können. Die Aussagen werden als Vermutungen über einen Tatbestand zwischen mindestens zwei Sachverhalten formuliert. Diese Vermutungen werden als Hypothesen bezeichnet (Kromrey (2009, S. 42)). Die Vermutungen beziehen sich auf die zu untersuchende Grundgesamtheit. Die Hypothesen können widerlegt (falsifiziert) oder bestätigt (verifiziert) werden. Dabei ist eine Beobachtung des Gegenteils ausreichend, um eine Hypothese zu verwerfen; es ist also schwieriger eine Hypothese zu verifizieren als sie zu falsifizieren. Für den Kritischen Rationalismus hat es dabei keine Bedeutung wie die Hypothesen identifiziert wurden, der Ansatz betrachtet lediglich die empirische Bewertung der Vermutungen. Im Gegensatz dazu steht die „*Grounded Theory*“, die die Entwicklung der Hypothesen als ein wichtiges Ziel des methodisch kontrollierten Forschungsprozesses betrachtet (Strauss (1991), Strübing (2008), Popper (1971 bzw. 1994)).

Um eine Aussage beobachten oder bewerten (verifizieren bzw. falsifizieren) zu können, müssen anschließend an die Theoriebildung und Hypothesenbestimmung Indikatoren, also beobachtbare Sachverhalte, für die zu untersuchenden Aussagen bestimmt werden. Zudem müssen die Datenerhebungsinstrumente gewählt oder entwickelt werden. Diese Schritte dienen dazu, die identifizierten Aussagen über die Zusammenhänge zu operationalisieren und auswerten zu können. Operationalisierung eines Begriffs oder einer Aussage beinhaltet die Angabe der Forschungsoperationen, die zur Entscheidung ob und in welchem Ausmaß der untersuchte Sachverhalt in der Realität vorliegt, verwendet werden (Kromrey (2009, S. 172)). Dazu gehört die Bildung von Indikatoren, die für die Herstellung des empirischen Bezugs notwendig sind, die Angabe und Begründung der Beobachtungsoperationen zur Überprüfung des Vorliegens der Indikatoren sowie die begründete Formulierung der Vorschriften zur Zusammenfassung der Einzelwerte der Indikatoren, falls ein kumulierter Messwert betrachtet werden soll (Kromrey (2009, S. 174)). Mit dem Erhebungsinstrument werden nun die Daten gesammelt, die für die Hypothesenprüfung notwendig sind. Auf diese werden statistische Modelle angewendet, um die Daten auszuwerten. Die so entstandenen empirischen Ergebnisse werden anschließend in den Kontext gesetzt und als Beobachtungsaussagen festgehalten (Kromrey (2009, S. 49)).

1.3.1. Hypothesen

Das Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, die Präsenz von informationsbezogenen Indikatoren in Geschäftsprozessen festzustellen und ihren Einfluss auf das Prozessverhalten zu ermitteln. Entsprechend werden gemäß der positivistischen Forschung folgende *For-*

schungshypothesen[1] im Rahmen der Arbeit aufgestellt, die im Laufe der Arbeit falsifiziert werden sollen:

F1: Prozesstypen können *nicht* anhand ihres Verhaltens charakterisiert werden;

F2: Folgende Prozesstypen können *nicht* anhand der Metriken des Prozessnetzwerks differenziert werden (Definition siehe Abschnitt 2.2):

- Kernprozesse
- Automatisierbare Prozesse
- Flexible Prozesse
- Verteilte Prozesse
- Informationsintensive Prozesse
- Entscheidungsintensive Prozesse.

F3: Rollen der Prozessaktivitäten können bezüglich ihres Informationstransformationsverhaltens *nicht* unterschieden werden;

F4: Die Verteilung der Aktivitätenrollen hängt *nicht* von dem Prozesstyp ab;

F5: Netzwerkvisualisierung eines Prozesses unterstützt den Analysten *nicht* bei der Ermittlung von Informationsstrukturen des Prozesses.

Um *Indikatoren* den aufgestellten Hypothesen zuordnen zu können, werden hier die Konstrukte: Informationsaustausch, Stabilität und Prozessverhalten näher erläutert. Den Mittelpunkt der Untersuchung bildet die Analyse der Prozesseigenschaften, die mit dem Informationsaustausch assoziiert werden können. Diese Eigenschaften werden hier als das *Prozessverhalten* zusammengefasst. Das Prozessverhalten kann in Form von Geschäftsregeln und (Geschäfts-) Ereignissen expliziert werden. Da diese Elemente selten in einem Geschäftsprozessmodell erfasst werden, sollen diese hier durch entsprechende Indikatoren, die die Identifikation von Regelquellen und –Senken erlauben, verfeinert werden (siehe Kapitel 3.1.4). *Stabilität* wird hier als die Unveränderlichkeit der Prozessaktivitäten bezogen auf die Veränderungen der Prozesslogik und Umweltanforderungen definiert. Es wird hier also angenommen, dass bestimmte Prozessaktivitäten trotz sich verändernden Anforderungen konstant bleiben und somit den „Kern“ des Prozesses bilden. Diese Aktivitäten werden hier als Kernaktivitäten bezeichnet. Informationsstrukturen bilden die Basis der Untersuchung des *Informationsaustauschs* im Prozess und somit des Prozessverhaltens. Bezogen auf die Prozessaktivitäten werden hier insbesondere die *Informationsquelle* und *–senke* durch die entsprechenden Metriken identifiziert. Diese werden durch die Verfahren und Begriffe aus der Sozialen und statistischen Netzwerkanalyse formalisiert und ermittelt.

[1] Die Forschungshypothesen sind hier als Nullhypothesen formuliert.

1.3.2. Operationalisierte Hypothesen

Um die oben erwähnten Konstrukte messbar machen und prüfen zu können, müssen diese entsprechend operationalisiert werden. Dies geschieht mithilfe der Zuordnung von entsprechenden Metriken, die im Kapitel 7 beschrieben werden. Die operationalisierten Hypothesen[2] wurden aus den Forschungshypothesen abgeleitet und lauten:

H1: Automatisierbare Prozesse haben die gleiche Informationsstruktur[3] wie die nicht automatisierungsfähige Prozesse. Dabei werden als automatisierbare Prozesse Geschäftsprozesse bezeichnet, die eine stabile Prozessstruktur, kurze Wiederholungszyklen der Abläufe sowie starke Arbeitsteilung der Ausführung aufweisen (siehe dazu Abschnitt 2.2.2).

H2: Die Elemente eines Geschäftsprozesses, die Aktivitäten, können *nicht* anhand ihrer Rolle beim Informationsaustausch innerhalb des Geschäftsprozesses identifiziert werden. Die potenziellen Rollen sind dabei: Prozessziel, Informationssenke, Informationsquelle, Prozesssenke, Kernaktivität oder Kontrollaktivität.

H3: Durch die Darstellung eines Prozesses als ein Netzwerk und die Ergänzung der Knoten durch die informationsbezogene Eigenschaften wie die Ereignisse, kann die Prozessanalyse *nicht* um zusätzliche Erkenntnisse über den Prozess ergänzt werden.

Diese Hypothesen stellen lediglich einen Auszug aus der Menge der operationalisierten Hypothesen dar. Diese werden im Abschnitt 7 für die anschließende Untersuchung weiter präzisiert. Die beschriebenen Hypothesen werden auf einer Datenmenge aus 58 Prozessen getestet. Das Datenerhebungsverfahren umfasste hier zwei Hauptphasen: die Dokumentation der Prozesse bzw. die Überführung der vorhandenen Prozessdokumentation in ein BPMN-Diagramm sowie ihre anschließende Darstellung als ein Netzwerk mithilfe der Commetrix-Software[4], einer Visualisierungs- und Analysesoftware für soziale Netzwerke. Die so entstandenen netzwerkbezogenen Daten wurden anschließend durch die Verfahren der deskriptiven und schließenden Statistik ausgewertet (siehe Kapitel 5). Die Erkenntnisse der statistischen Analyse stellen dabei die Basis für die Ermittlung von quantitativen Indikatoren bestimmter Prozesseigenschaften, die für die Analyse von Geschäftsprozessen eingesetzt werden können.

1.4. Eingliederung in die Forschung der Wirtschaftsinformatik

Wirtschaftsinformatik als Forschungsdisziplin umfasst zahlreiche unterschiedliche Forschungsgebiete. Neben den nahe liegenden Informatik und Betriebswirtschaft sind auch

[2] Die operationalisierten Hyothesen sind hier ebenfalls als Nullhypothesen formuliert.
[3] Siehe dazu auch Abschnitt 3.6.4
[4] www.commetrix.org

Disziplinen wie die Psychologie, Organisationstheorie, Operations Research und Sozialwissenschaften richtungsweisend für das Vorgehen und Forschungsfragen der Wirtschaftsinformatik. Aus diesem Grund umfasst die Wirtschaftsinformatik sowohl verhaltens - als auch gestaltungsorientierte Forschungsansätze und -Methoden.

Im deutschsprachigen Raum dominiert momentan der gestaltungsorientierte Forschungsansatz mit den Zielen „Entwicklung und Evaluation innovativer, nützlicher, übertragbarer Lösungen für relevante Gestaltungsprobleme in Wirtschaft und Verwaltung“ (Winter and Baskerville (2010)). Die verhaltensorientierte Wirtschaftsinformatik hat andererseits die Ermittlung und Validierung „kausaler, erklärender und/oder vorhersagender Beziehungen zwischen existierenden (Anwendungssystem-)Phänomenen“ (Winter and Baskerville (2010)) zum Ziel. Diese verhaltensorientierte Sicht wird vor allem im angelsächsischen Raum, insbesondere in den USA, vertreten und im Rahmen des Information Systems Research, dem englischen Pendant der Wirtschaftsinformatik, ausgeübt. Beide Disziplinen untersuchen das technoökonomische Umfeld, d.h. Informationssysteme im Unternehmen. Nach Heinrich (2001) werden diese durch folgende Elemente definiert: Mensch, Aufgabe und Technik. Die Beziehungen dieser Elemente bilden die Forschungsschwerpunkte innerhalb der Disziplin. Während die Wirtschaftsinformatik im Allgemeinen die “IT-basierte Entwicklung von Arbeitspraktiken in betrieblichen Organisationen“ (Wulf (2009)) als ihre Kernaufgabe betrachtet und somit die Verbesserung der ökonomischen Effizienz betrieblicher Organisationen in den Mittelpunkt stellt, liegt der Fokus des verhaltensorientierten Ansatzes auf der Beobachtung von Eigenschaften von Informationssystemen und des Verhaltens von Benutzern. Sowohl der gestaltungsorinetierte als auch der verhaltensorientierte Ansatz sind durch einen gemeinsamen Forschungsrahmen verbunden, der die jeweiligen Ergebnisse und Vorgehen erkenntnistheoretisch und sozialwissenschaftlich anhand eines gemeinsamen Ziels reflektiert.

Dieses Ziel wurde von Benbasat and Zmud (1999) als die Forderung nach der Verbindung von Relevanz (*relevance*) und Stringenz (*rigour*) formuliert. Hevner et al. (2004) übernahm diese Forderung und gliederte sie in das Rahmenwerk zur Forschung auf dem Gebiet des Information Systems Research ein (siehe Abbildung 1.4.1). Stringenz kann demnach durch eine entsprechende und konsequente Anwendung von bestehenden Methoden und Grundalgen erreicht werden. Die verhaltensorientierte Forschung wendet hauptsächlich Methoden der empirischen Analyse der gesammelten Daten an. Die gestaltungsorientierte Forschung bedient sich aus dem Instrumentarium der mathematischen und ingenieurwissenschaftlichen Methoden. Die Relevanz eines Forschungsergebnisses bezieht sich auf seine Anwendung (Benbasat and Zmud (1999)): die Ergebnisse sollen implementierbar sein, die bestehenden Erkenntnisse beinhalten und zu weiteren Innovationen anregen. Die Ergebnisse der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik, die IT-Artefakte, sind dabei nach Hevner et al. (2004): Konstrukte (Vokabular und Symbole), Modelle (Abstraktionen und Repräsentationen), Methoden (Algorithmen und praktische Anwendungen) und Instanziierungen (implementierte und prototypische Systeme). Gestaltungswissenschaft (*design science*) schafft und bewertet demnach IT-Artefakte, die zur Lösung bestimmter organisationeller Probleme konzipiert wurden. Die Artefakte können also Softwarelösungen, Konstrukte der formellen Logik oder mathematische Darstellungen sein. Die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik hat die Nützlichkeit der

Lösungen im Fokus, die sich hauptsächlich auf die Informationssysteme beziehen. Die Nützlichkeit bildet somit ein akzeptiertes Maß für die Relevanz der erarbeiteten Lösungen (Winter and Baskerville (2010)). Allerdings variiert bei diesen Lösungen der Grand ihrer Stringenz im Bezug auf ihre Konstruktion und Evaluation.

Die verhaltensorientierte Forschung verwendet hauptsächlich quantitative Methoden, um durch Metriken statistischer Signifikanz die Stringenz der Forschungsergebnisse und des Vorgehens nachzuweisen. Dabei ist die Relevanz der durch diese Forschungsmethode gewonnen Erkenntnisse unterschiedlich hoch.

Diese beiden Forschungsansätze sprechen nicht nur die unterschiedlichen Facetten des in der Wirtschaftsinformatik gesetzten Forschungsschwerpunktes an, sondern ergänzen sich gegenseitig. So zeichnet sich die Verhaltensforschung durch die Entwicklung und Beweis von Theorien aus, die Phänomene aus der betriebswirtschaftlichen Umwelt erklären (*explain*) oder vorhersagen (*predict*) (Gregor (2006)). Hier liegt der Schwerpunkt also auf dem Problemverständnis; das Ziel der Verhaltensforschung ist dabei die Wahrheit (*truth*) (Hevner et al. (2004, S. 264)). Das Ziel der gestaltungsorientierten Forschung ist hingegen der Nutzen (*utility*), d.h. eine Problemlösung, bezogen auf die Benutzung, Einsatz oder Management von Informationssystemen. Hevner et al. (2004) vertritt dabei die Einsicht, dass die Wahrheit und der Nutzen zusammen betrachtet werden müssen, da die Wahrheit die Entwicklung, und der Nutzen die Theorie beeinflussen.

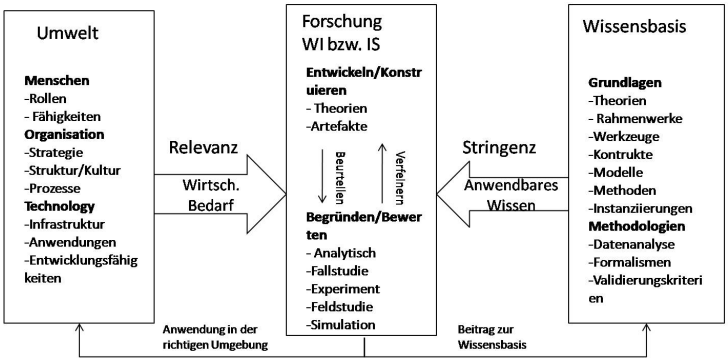


Abbildung 1.4.1.: Forschungsframework des Information Systems Research (Hevner et al. (2004, S. 233))

Das Ziel der Wirtschaftsinformatik sowie des Information Systems Research nach Hevner et al. (2004), ist es also ihre Wissensbasis (*knowledge base* oder *body of knowledge*) zu erweitern, um eine produktive Anwendung der Informationstechnologie auf die (Mitarbeiter-)Organisation und ihre Verwaltung unterstützen zu können. Die Wirtschaftsinformatik verfolgt damit nicht nur ein Erkenntnis-, sondern auch ein Gestaltungsziel. Das impliziert auch, dass die Wirtschaftinformatik in einem Umfeld agiert, das sowohl die Menschen und Organisationen als auch die Technologie umfasst.

Für die Forschung bedeutet das, dass beide Aspekte stets berücksichtigt werden müs-

sen. Die Erweiterung der Wissensbasis kann also unter zwei unterschiedlichen Aspekten erfolgen: aus der Sicht des Verhaltens der Mitarbeiter (die verhaltensorientierte Perspektive) oder aus der Sich der Entwicklung, Integration oder Bewertung von Artefakten (die gestaltungsorientierte Perspektive). Die zu erforschende Umgebung (*environment*) wird von Hevner et al. (2004) in die drei Kategorien: Menschen, Organisationen und Technologie aufgeteilt. Das ist auch das Umfeld, das die möglichen Forschungsfragen aufwirft. Die Relevanz eines Forschungsproblems oder einer Forschungsrichtung wird also anhand der Bedürfnisse aus dem betrieblichen Umfeld (*business needs*), die einer der drei beschriebenen Kategorien angehören können, ermittelt bzw. überprüft.

Die Wissensbasis fasst die Ansätze, Werkzeuge, Modelle und Theorien zusammen, die zur Erklärung bestimmter Phänomene bzw. Lösung bestimmter Probleme bereits entwickelt wurden und eingesetzt werden können. Diese können auf das zu bearbeitende Problem angewendet werden und unterstützen den Forscher bei der Etablierung der Stringenz sowohl bei den Forschungsergebnissen als auch bei dem angewandten Vorgehen. Beide Forschungsansätze, der verhaltens- und der gestaltungsorientierte Ansatz, können in der Wirtschaftsinformatik dazu eingesetzt werden, die Wissensbasis zu erweitern und somit wertvolle Erkenntnisse für die Wissenschaft und Praxis zu liefern.

Da die vorliegende Arbeit die Geschäftsprozesse, genauer die Informationsflüsse in den Geschäftsprozessen betrachtet, kann sie in den Bereich der Organisation (nach Hevner et al. (2004)) eingeordnet werden. Die grundlegenden Theorien und Methodik basieren auf der Netzwerkanalyse und den Datenanalyseprinzipien aus der Wissensbasis der Wirtschaftsinformatik bzw. des Information Systems Research.

1.5. Evaluationsmethoden in der Wirtschaftsinformatik

Neben dem Erkenntnisgewinn und der Artefaktkonstruktion, sollen nach Hevner et al. (2004) die Ergebnisse der Forschung evaluiert werden[5]. Während in der anglo-amerikanischen Information Systems-Forschung eine explizite Offenlegung der Forschungsmethodik gefordert wird, fokussiert die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik die Evaluierung auf den Relevanznachweis durch die Evaluation der Forschungsergebnisse. In beiden Fällen soll dadurch die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Forschungsergebnisse erreicht werden (Riege et al. (2009), S. 69).

Allgemein kann Evaluation als eine systematische Tätigkeit, welche in zweck- und zielgerichteter Form die Bewertung eines Objektes oder eines Vorgehens vornimmt, bezeichnet werden (Wottawa and Thierau (1990)). Hierzu werden wissenschaftlich - empirischen Methoden und Verfahren bezüglich bestimmter Kriterien angewendet. Die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik fügt zu dieser Definition den Begriff des Evaluationsziels hinzu (Frank (2000), Heinrich (2000)). Als Evaluationsgegenstand wird hier das Artefakt verstanden; das Evaluationsziel liegt in der Bewertung der Eignung des Artefakts die zugrunde liegende Problemstellung zu bearbeiten. Das bedeutet, dass ein nicht evaluiertes Artefakt noch kein valides Forschungsergebnis darstellt (Riege et al. (2009)). Das zentra-

[5] Die Klassifizierung und Übersicht der Evaluationsmethoden nach Hevner et al. (2004), siehe Abschnitt 5.4

le methodische Problem der Evaluation besteht darin zu entscheiden, ob die festgestellten Veränderungen bzw. Effekte ein Ergebnis der beabsichtigten Maßnahmen sind oder aufgrund von externen Veränderungen entstanden sind (Kromrey (2009, S. 95)). Dafür werden zunächst die potenziellen zentralen Fehlerquellen identifiziert. Diese können z. B. bei der Informationssammlung, -aufbereitung oder Generierung von Schlussfolgerungen auftreten.

Im Bereich der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik verdient die Evaluation der Ergebnisse eine besondere Beachtung, da sie dem Dualismus des Forschungsziels (Erkenntnis und Gestaltung) gerecht werden müssen. Riege et al. (2009) identifizieren zwei Ansätze zur Evaluation in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik: Evaluation gegenüber der identifizierten Forschungslücke und Evaluation gegenüber der Realwelt. Zu Evaluationsmethoden der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik können unter anderem die: Fall- und Feldstudien, Laborexperimente, Feldexperimente, Umfragen, Simulationen, merkmals- oder modellbasierte Vergleiche sowie Erstellung und Einsatz eines Prototypen gezählt werden (siehe auch Hevner et al. (2004), Hevner (2007), Baskerville et al. (2007) sowie Abschnitt 5.4). Es gibt in der Literatur zahlreiche Strukturierungsvorschläge für die Einordnung von Evaluationsmethoden z. B. von Fettke and Loos (2004), Niehaves (2006), Siau and Rossi (1998). Travis and Venable (1996) schlagen eine Klassifizierung bezüglich der verwendeten Evaluationsdaten in: empirische, experimentelle und theoriebasierte Evaluation. Riege et al. (2009) differenzieren die Methoden basierend auf dem Bezugspunkt der Evaluation.

Zusätzlich zu den obenerwähnten Fehlerquellen muss die Evaluation im Kontext der Wirtschaftsinformatik den Unterschied zwischen dem Erkenntnis- und dem Gestaltungsziel berücksichtigen. Riege et al. (2009) schlagen eine Evaluation vor, die das Artefakt sowohl bezüglich des Erkenntnisziels (der identifizierten Forschungslücke) als auch der Realwelt bewertet. Das geschieht in drei Schritten: zunächst wird das Artefakt gegen die identifizierte Forschungslücke evaluiert, d. h. die Korrektheit seiner Konstruktion wird aufgrund der feststehenden oder festgelegten Anforderungen geprüft. Zum anderen kann das Artefakt gegen die Praxis bzw. eine praktische Anwendung evaluiert werden. Dabei wird die konstruierte Lösung unter Realweltbedingungen eingesetzt. Dadurch kann der Nutzen der entwickelten Lösung überprüft werden. Als Letztes wird die Forschungslücke gegen die Realwelt evaluiert. Hierbei handelt es sich um einen Konzept aus der verhaltensorientierten Forschung. Anhand von statistischen Gütemassen wird die Repräsentativität der Forschungsergebnisse beurteilt.

In dieser Arbeit soll dieser Evaluationsansatz ebenfalls aufgegriffen werden. So wird eine ausführliche Übersicht zur aktuellen Forschung im Bereich der (quantitativen) Analyse von Geschäftsprozessen durchgeführt. Der anschließend entwickelte Ansatz basiert zum einen auf den so gewonnenen Erkenntnissen und wird zum anderen auf reale (neue) Prozesse bzw. im Kontext der Realwelt eingesetzt und ausgewertet. Die Ergebnisse wurden des Weiteren in Fallstudien evaluiert und die Forschungsergebnisse in (Levina (2011b), Levina and Hillmann (2012)) veröffentlicht.

1.6. Gliederung der Arbeit

Diese Arbeit ist in den Bereich der quantitativen positivistischen Forschung einzuordnen. Die Forschungsfrage wird in Nullhypothesen formuliert, die anschließend getestet bzw. falsifiziert werden. Dafür werden die Methoden der (Sozialen) Netzwerkanalyse bzw. der empirischen Forschung angewandt. Nach Gregor (2006) sind die Ergebnisse dem Theoriebereich Analyse und Erklärung (*explanantion and analysis*) bzw. Analyse und Vorhersage (*explanantion and prediction*) zuzuordnen.

Die formalen Methoden der Netzwerkanalyse sind dann anwendbar, wenn das betrachtete System als eine Menge von Knoten betrachtet werden kann und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen unterschieden werden können (Holzer (2009)). Dies wird hier durch die Interpretation der Prozessaktivitäten als Knoten und den Informations- sowie Kontrollflüssen zwischen ihnen als Kanten erreicht. Vor der eigentlichen Analyse steht jedoch zunächst die Datenerhebung. Diese erfolgt hier in mehreren Schritten. Die Geschäftsprozesse werden zunächst in Interviews bzw. aus den vorhandenen Prozessdokumentationen erhoben, als BPMN-Diagramme dargestellt und anschließend in die Netzwerkdarstellung überführt. Da zur abschließenden Dokumentation der Prozesse die BPMN-Darstellung verwendet wurde, können die Prozessaktivitäten den ausführenden Organisationseinheiten im Unternehmen zugeordnet werden. Diese Zuordnung entspricht der Gruppenbildung innerhalb eines Netzwerks. Um die Netzwerke anschließend analysieren zu können, müssen die Arbeitsdefinitionen der zu untersuchenden Prozesseigenschaften und diejenigen der Prozessaktivitäten erarbeitet und operationalisiert werden. Die entstandenen Netzwerke werden mithilfe der Software Commetrix visualisiert und mit Methoden und Werkzeugen der (Sozialen) Netzwerkanalyse untersucht. Die gewonnen Erkenntnisse werden anschließend zusammengefasst.

Die zu analysierenden Prozessmodelle stammen dabei aus der Praxis (sie sind im Rahmen von studentischen bzw. Forschungs- Projekten entstanden), aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen wie Diplom-, Studien- Master- und anderen Abschlussarbeiten sowie aus Fachbüchern[6].

Da die empirisch gewonnenen Daten das Verständnis der Prozesse bzw. seine Einbettung in das jeweilige Unternehmenskonzept nicht vollständig gewährleisten können, wird zur Ergebnisinterpretation das Kontextwissen über einen bestimmten Prozess wie es in den Prozessbeschreibung erfasst bzw. im Interview ausgeführt wurde herangezogen.

Das Vorgehen zur Untersuchung der Forschungsfrage dieser Arbeit ist an das Ablaufmodell der quantitativen Forschung (siehe Abbildung 1.6.1), das im Abschnitt 5.1 detailliert ausgeführt wird, angelehnt. Dieser Ablauf verfeinert die bereits im Abschnitt 1.3 erwähnte Forschungsmethodik des Kritischen Rationalismus.

[6] Die Auflistung der analysierten Prozesse und ihrer Herkunft befindet sich im Anhang A.

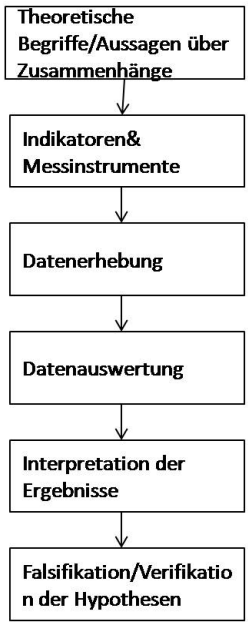


Abbildung 1.6.1.: Vorgehensmodell der quantitativen Forschung (Kromrey (2009, S. 84))

Die Gliederung der Arbeit orientiert sich an diesem Forschungsvorgehen. In dem aktuellen Kapitel 1 werden der Problembezug und die Fragestellung der Arbeit erläutert. Die Arbeit ist im Weiteren in zwei Teile gegliedert: Im ersten Teil (Kapitel 1-4) werden die theoretischen Grundlagen vorgestellt, die die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe definieren. Im Kapitel 2 werden die theoretischen Grundlagen und entsprechende Begriffsdefinitionen aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements eingeführt. Neben der Definition und Typisierung von Geschäftsprozessen, wird der Begriff der Prozessorientierung kurz vorgestellt sowie Elemente des Geschäftsprozesses definiert. Im Rahmen des Geschäftsprozessmanagements wird vor allem auf den Geschäftsprozessmanagement-Life-Cycle eingegangen. Hierbei sind die Phasen der Prozessanalyse, -Modellierung und Automatisierung besonders wichtig. Eine kurze Einführung in die Prozessmodellierungssprachen EPK und BPMN findet ebenfalls in Kapitel 2 statt.

Kapitel 3 fasst die Verhaltensaspekte des Geschäftsprozesses wie die Geschäftsregeln und –Ereignisse sowie das Verständnis des Informationsbegriffs im betrieblichen Kontext zusammen. In diesem Kapitel findet neben der Begriffsdefinition ebenfalls eine Einführung in das ereignis- und geschäftsregelorientierte Vorgehen der Prozessanalyse statt.

Die Konzepte der (Sozialen) Netzwerktheorie und – Analyse werden in Kapitel 4 umrissen. Neben den Eigenschaften eines Netzwerks werden hier ebenfalls die Metriken, die in der Sozialen Netzwerkanalyse zur Bestimmung von Rollen und Strukturen in sozialen Netzwerken angewendet werden, vorgestellt. Hier findet auch eine kurze Einführung in die Visualisierung von (betrieblichen) Informationen statt.

Der Teil zwei der Arbeit (Kapitel 5-7) beinhaltet den netzwerkbasierten Ansatz der ereignisorientierten Analyse von Geschäftsprozessen. So wird im Kapitel 5 zunächst die Forschungsmethode sowie die Datenbasis und das Vorgehen der Datenaufbereitung bzw. der Experimentaufbau vorgestellt. Die oben definierten Forschungshypothesen werden verfeinert. Dabei werden der methodische Ansatz inklusive der verwendeten statistischen Verfahren zur Auswertung sowie die Evaluierung der Ergebnisse umrissen.

Der Ansatz der Messtheorie sowie die Vorarbeiten zur quantitativen Bestimmung von Eigenschaften der Prozessmodelle werden in Kapitel 6 vorgestellt. Hier werden bereits Metriken vorgeschlagen, die eine Prozess- und Aktivitätentypisierung mithilfe der Netzwerkanalyse erlauben sollen. Diese basieren zum einen auf der beschriebenen Vorarbeit im Bereich der Entwicklung der Metriken für Prozessmodelle, zum anderen auf den Metriken aus der (Sozialen) Netzwerkanalyse. Diese werden im Kapitel 7 für den Kontext der Geschäftsprozessanalyse erweitert. In diesem Kapitel findet zudem die netzwerkbasierte Ableitung von Prozess- und Aktivitätenmetriken statt. Zunächst wird jedoch eine Analyse mithilfe der Zufallsnetzwerke durchgeführt, die einen Vergleich zwischen den Prozessnetzwerken und den *real-world-* Netzwerken nach Watts and Strogatz (1998) und somit die Anwendung der Netzwerkanalyse erlaubt. Anschließend an die Definition der Metriken werden diese anhand neuer Geschäftsprozesse validiert. Die Cognitive Fit Theorie sowie das Experiment zur Wahrnehmung der Prozessvisualisierung werden beschrieben und die Ergebnisse werden vorgestellt. Im Kapitel 8 wird der Ansatz der netzwerkbasierten Geschäftsprozessanalyse ausführlich beschrieben.

Im Kapitel 9 werden die in Kapitel 3 eingeführten Vorgehensmodelle zur ereignis- und geschäftsregelorientierten Geschäftsprozessanalyse im Rahmen von realen Analyseprojekten, also Fallstudien, angewendet. Anschließend werden ihre Ergebnisse mit den Ergebnissen der netzwerkbasierten Analyse verglichen. Die Evaluation der beiden Vorgehensweisen findet somit mithilfe von Fallstudien, die im Rahmen von Industrieprojekten durchgeführt wurden, statt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse, ihre Diskussion und ein Ausblick schließen die Arbeit ab.

2. Geschäftsprozesse und Geschäftsprozessmanagement

In diesem Abschnitt sollen zunächst der für die Arbeit grundlegende Begriff des Geschäftsprozesses sowie seine Elemente und Typen vorgestellt werden. Der Abschnitt ist demnach wie folgt strukturiert: zunächst wird der Begriff des Geschäftsprozesses definiert. Hierfür werden die Elemente des Geschäftsprozesses aus systemischer Sicht und anschließend seine Eigenschaften vorgestellt. Basierend auf diesen Ausführungen, werden die bestehenden Ansätze zur Typisierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsprozessaktivitäten umrissen und erweitert. Der Begriff des Geschäftsprozessmanagements wird in den Kontext der Prozessorientierung gestellt und die Phasen der Analyse und Modellierung in eigenen Unterabschnitten erläutert. Abschließend werden die Modellierungsnotation BPMN und die für die Arbeit entwickelten Modellierungsrichtlinien vorgestellt.

2.1. Definition des Geschäftsprozesses

Zunächst sollen hier die Begriffe „Prozess“ und „Geschäftsprozess“ vorgestellt und so definiert werden, wie sie im Laufe dieser Arbeit verwendet werden. Die Prozessdefinition nach DIN 66201 beschreibt den Prozess als: „Umformung und/oder den Transport von Materie, Energie und Informationen von einem Anfangszustand in einen Endzustand nach genau festgelegten Regeln“. Die Systemtheorie bezeichnet einen Prozess als eine *irreversible Sequenz von Ereignissen* (Corsi (1997)). Für Davenport (1993) ist ein Prozess eine strukturierte Menge von Aktivitäten, die so gestaltet sind, dass sie ein bestimmtes Output für einen bestimmten Kunden oder Markt erzeugen. Aus diesen Aussagen ergibt sich die Definition eines Geschäftsprozesses als: "*[...] eine Tätigkeit, die ein materielles oder immaterielles Produkt (Dienstleistung) erzeugt und damit ein eindeutiges Ergebnis liefert. [...] Geschäftsprozesse können durch ihren sich wiederholenden Charakter gekennzeichnet werden*“ (Krallmann et al. (2002)).

Ein (Geschäfts-)Prozess[1] besteht also aus einer Menge von Aktivitäten, die kausal miteinander verbunden sind (Reisig et al. (2005)). Das Ergebnis des Geschäftsprozesses stellt einen *Mehrwert* für das Unternehmen und den Kunden dar (Hammer and Champy (1993b, S. 35)).

Ein Prozess hat gemäß allen Definitionen einen Anfang und ein Ende und produziert ein Ergebnis. Diese Sicht wird von der Workflow Management Coallition (WfMC) weiter präzisiert. Sie definiert ein Prozess als eine Menge aus einer oder mehreren Aktivitäten, die gemeinsam ein Geschäftsziel oder ein von den Unternehmensrichtlinien (*policy*) vorge-

[1] Die beiden Begriffe werden hier synonym verwendet.

gebenes Ziel meist in einem unternehmerischen Kontext, der eine Organisationsstruktur vorgibt sowie Rollen und Beziehungen definiert, erfüllen (WorkflowManagementCoalitionWfMC (1995)). Maurer (1996a) definiert den Geschäftsprozess als: „ein *Netzwerk* aus Ressourcen und Aufgaben (bzw. Aktivitäten), die zur Erstellung einer genau definierten, meßbaren Leistung für einen bestimmten Prozeßkunden (-kreis) oder zur Herstellung eines bestimmten Zielzustandes notwendig sind. Die einzelnen Aktivitäten sind über einen durchgängigen *Leistungs-* bzw. *Informationsfluß* miteinander verbunden und stehen in definierten Reihenfolgebeziehungen zueinander. Die Abwicklung eines *Falles*, d. h. einer konkreten Ausprägung eines Geschäftsprozesses, wird durch ein Startereignis ausgelöst."

Dern (2003) betrachtet die Gesamtheit der Geschäftsprozesse im Unternehmen als eine Geschäftsprozessarchitektur: „Die Prozessarchitektur eines Unternehmens definiert und strukturiert die Geschäftsprozesse eines Unternehmens. Sie umfasst die Aufteilung in Kernprozesse und Service Prozesse, die Darstellung der Kommunikationsbeziehungen nach Innen und Außen sowie die Beschreibung der zu ihrer Durchführung notwendigen Funktionen (Business-Funktionen) einschließlich ihres *Informationsbedarfes*."

Ein Geschäftsprozess existiert also in einer Geschäftsprozessarchitektur. Dabei können unterschiedliche Phasen des Existenzzyklus eines Prozesses identifiziert werden. Der Lebenszyklus eines Geschäftsprozesses (*business process lifecycle*) kann folgende Phasen beinhalten (siehe z.B. Weske (2007), S. 12):

- Modellierung,
- Analyse,
- Implementierung,
- Umsetzung,
- Ausführung,
- Verwaltung und
- Änderung.

Dabei beinhaltet die Modellierung das Dokumentieren des Prozesses, um ihn anschließend analysieren, umsetzen, ausführen (mit oder ohne IT-Unterstützung), verwalten und verändern zu können. Sind die Abläufe in einem Geschäftsprozess nicht mehr aktuell, so kann der gesamte Prozess als obsolet betrachtet und abschließend gelöscht werden. In dieser Arbeit werden die ersten beiden Phasen des Lebenszyklus, also die Modellierung, insbesondere die Darstellung sowie die kognitive Verarbeitung von Prozessdarstellungen und die Analyse von Prozessen betrachtet.

Geschäftsprozesse sind Bestandteile der Geschäftsprozessarchitektur und bestehen aus (mehreren) Subprozessen, die weiter bis zu der Ebene der Geschäftsaktivitäten aufgeteilt werden können (siehe auch Abschnitt 2.2). Neben den eigentlichen Tätigkeiten spielen bei der Prozessbetrachtung weitere Aspekte, die hier als die Elemente des Geschäftsprozesses definiert werden, eine Rolle. Zunächst können innerhalb eines Prozesses vier übergeordnete Kategorien der Prozesselemente identifiziert werden (siehe auch die Definition des Geschäftsprozesses von Maurer (1996a)):

- Prozessablauf,
- Prozessziel,
- Prozesslogik,
- Informations- bzw. Datenfluss

Der *Prozessablauf* beschreibt die Reihenfolge der einzelnen Aktivitäten, die zum Prozessziel führen, durch die Prozesslogik verknüpft sind sowie Informationen und Daten austauschen. Der Prozessfluss kann in einem Prozessdiagramm dargestellt werden. Die *Prozesslogik* beinhaltet nicht nur die eigentliche Ablauflogik, sondern auch die Geschäftslogik, d.h. Regelungen für den Umgang mit auftretenden Geschäftsobjekten und der relevanten Umwelt (siehe Abschnitt 3.1). Das *Prozessziel* wird häufig bei der Betrachtung bzw. Beschreibung der Prozesse nicht explizit aufgegriffen, darunter kann jedoch der Prozessoutput bzw. das Endprodukt des Prozesses (siehe Abschnitt 2.2.1) verstanden werden. Der *Informationsfluss* verbindet die einzelnen Prozessschritte auf der Datenebene miteinander und wird häufig in Prozessdiagrammen als Nachrichtenfluss oder als ein Datenobjekt dargestellt. Da der Schwerpunkt der Prozessdokumentation und -Modellierung mehrheitlich auf die Prozessabläufe gelegt wird, erfolgt die Darstellung des Informationsflusses jedoch meist lückenhaft.

2.1.1. Elemente eines Geschäftsprozesses

Ferstl and Sinz (1993, S. 589) definieren das Unternehmen als ein System aus miteinander verbundenen Geschäftsprozessen. Dieser systemische Ansatz wird hier aufgenommen und bezogen auf die Geschäftsprozesse ergänzt. Der Prozess wird also als ein Subsystem im System Unternehmen betrachtet. Diese Sicht wird bereits bei der oben aufgeführten Definition des Prozesses als eine Entität, die die ankommenden Ressourcen in einen Output umwandelt, eingenommen. Somit ist ein Geschäftsprozess auch ein System, das sich in einer Umwelt, dem Unternehmen und der entsprechenden Unternehmensumwelt, befindet. Ein System ist dabei eine Menge von Elementen, in welcher mindestens ein Element mit mindestens einem anderen Element verbunden ist. Systemelemente sind hier entsprechend die Prozessaktivitäten; Relationen zwischen den Elementen können in logisch und räumlich eingeteilt werden. Die logischen Beziehungen definieren den eigentlichen Geschäftsablauf und die entsprechenden internen Regeln. Räumliche Beziehungen betreffen die Prozessakteure. Diese können voneinander räumlich getrennt sein, jedoch wirken sie gemeinsam in einem bestimmten Prozess (Schwickert and Fischer (1996)). Subsysteme des Geschäftsprozesssystems, also Subprozesse, können aus mehreren zusammenhängenden Prozessaktivitäten gebildet werden. Die Interaktion zwischen den Prozessaktivitäten wird ebenfalls durch die entsprechenden Geschäftsregeln beschrieben.

Zum systemischen Ansatz gehört neben der Betrachtung der Systemelemente und ihrer Beziehungen, die Betrachtung der Systemumwelt. Alle Prozesse befinden sich in der entsprechenden Geschäftsumwelt; dabei umfasst diese nicht nur das Unternehmen selber, in welchem der Prozess ausgeführt wird, sondern auch die Elemente, die den Ablauf und die Art des Prozesses beeinflussen. Jeder Prozess besitzt somit eine individuelle Umwelt.

Die Geschäftsumwelt U_G wird als eine Menge der relevanten Umwelten der vorhandenen Geschäftsprozesse definiert:

$$U_G = \{u_1, u_2, \ldots, u_n\}, n \leq Anzahl\,der\,Geschäftsprozesse \tag{2.1.1}$$

Für Prozessbetrachtung und –Analyse (siehe Abschnitt 2.4) können unterschiedliche Gesichtspunkte gewählt werden, somit ändert sich auch die als relevant bezeichnete Umwelt des Prozesses. U_r wird dann als relevante Umwelt eines Prozesses bezeichnet, wenn U_r mindestens eine Interaktionskante mit dem Prozess P nutzt und $U_r \in U_G$ ist. Eine *Interaktionskante* wird durch den Nachrichtenfluss zwischen dem Prozess bzw. zwischen den beteiligten Prozesselementen gebildet (Puhlmann (2007), S. 141). Dieser Bezeichnung liegt eine *netzwerkbasierte* Sicht auf Prozessinteraktion zugrunde. So wählt Puhlmann eine notationsunabhängige Repräsentation des Geschäftsprozesses als ein Graph. Dieser wird als ein vier-Tupel aus Knoten (N), gerichteten Kanten (E), Typen (T) und Attributen (A) dargestellt (Puhlmann (2007), S.105): $P = (N, E, T, A)$.

Dabei stellen die Knoten die Aktivitäten im Prozess, die Kanten die Abhängigkeiten zwischen diesen dar. Die Knotentypen werden den Knoten durch eine Funktion zugewiesen und beziehen sich auf mögliche Prozessmuster (*process patterns*). Die Attribute beschreiben den Prozessknoten im Detail (Puhlmann (2007), S.105-106). Auch (Maurer (1996a,b)) unterstützt diese Sicht auf Prozesse. Er bezeichnet ein Geschäftsprozess als ein Netzwerk aus Ressourcen und Aufgaben. Wird eine solche Sicht angekommen, dann kann eine *Netzwerkanalyse als eine Systemanalyse mit dem Fokus auf die Analyse der Beziehungen zwischen den Systemelementen* betrachtet werden.

Die oben definierte relevante Umwelt eines Prozesses beinhaltet Elemente, die einen Einfluss auf die Ausführung dieses Geschäftsprozesses haben. Diese Elemente werden hier als Geschäftsobjekte (*business objects*) bezeichnet. Als Geschäftsobjekte P(O) wird hier zum einen eine Menge an externen oder internen Prozesselementen verstanden, die durch den Prozess verändert werden (Perrin and Godart (2004)), zum anderen handelt es sich hier auch um eine Menge von Objekten O(P), die Einfluss auf den Prozess nehmen können und ihn damit verändern. Somit können die Geschäftsobjekte zum einen als eine Funktion auftreten, die auf Prozesselemente angewandt wird: O(P), zum anderen können sie das Ergebnis der Prozessausführung darstellen: P(O). Externe Prozesselemente bezeichnen eine Elementengruppe, die sich in der Geschäfts- bzw. in der relevanten Prozessumwelt befindet. Interne Prozesselemente sind diejenigen Prozessbeteiligten, die direkt in die Prozessausführung involviert und ebenfalls in der Prozessdokumentation beschrieben sind.

Bei der Betrachtung der internen Prozesselemente, können folgende Elementtypen unterschieden werden. Diese sind:

- Akteure (A),
- Kontrollelemente (C),
- Prozessaktivitäten (S),
- Prozessressourcen (R),

- Geschäftsobjekte (O).

Als Akteure (A) werden Prozesselemente verstanden, die die Prozessaktivitäten direkt ausführen. Das können je nach Modellierungsansatz Organisationseinheiten, Rollen oder Werkzeuge (inkl. IT-Anwendungen) sein. Kontrollelemente (C) eines Prozesses sind Geschäftsregeln und *policies*, die die Prozess- und Geschäftslogik abbilden und somit den Prozessfluss und Abfolge der Aktivitäten bestimmen. Bedingungen, Regeln und die Geschäftslogik, die in einem bestimmten Prozess gültig ist, hängt auch von der relevanten Prozessumwelt, den involvierten Geschäftsobjekten sowie dem Prozess selber ab. Die Kontrollelemente eines Prozesses repräsentieren die Logik, die für die Art und Weise der Prozessausführung zuständig ist und aus der Geschäftslogik entspringt.

Diese Prozesslogik impliziert und bestimmt auch das Prozessverhalten. Das Verhalten des Prozesses kann hier als das (Re-)Agieren auf die Änderungen innerhalb des Prozesses bzw. seiner Umwelt definiert werden. Die Änderungen werden im Geschäftsprozesskontext als Ereignisse aufgefasst, die Reaktion auf Ereignisse folgt bestimmten Regeln, die sich im Unternehmen für eine bestimmte Situation etabliert haben oder ursprünglich fest gelegt wurden, also den Geschäftsregeln. Somit wird das Prozessverhalten von Ereignissen und Geschäftsregeln bestimmt und gesteuert[2]. Das Verhalten der Systemelemente definiert die Eigenschaften des Systems und muss bei der Systemanalyse berücksichtigt werden.

Prozessaktivitäten (S) stellen die einzelnen Prozessschritte, also die eigentlichen Tätigkeiten im Prozess, dar. Sie können zu Gruppen (Subprozessen) zusammengefasst werden. Eine Prozessaktivität besitzt ähnlich zu einem Prozess einen Lebenszyklus: Aktivitäten werden ausgelöst (Anfang), durchgeführt und beendet (Ende). Dabei kann die Durchführung erfolgreich sein oder nicht. Im letzten Fall, wird die Ausführung abgebrochen bzw. eine Regel ausgelöst, um den Prozessablauf weiter zu leiten. Bei der erfolgreichen Ausführung, löst die Beendigung der Aktivität eine andere Aktivität aus. Aktivitäten können aus mehreren Operationen, die Informationsobjekte verarbeiten, bestehen. Jede Operation bekommt ein oder mehrere Informationsobjekte zur Verarbeitung und gibt mindestens ein Informationsobjekt als Ergebnis zurück. Es können ebenfalls Typen von Aktivitäten in einem Prozess unterschieden werden. Im Abschnitt 2.2.5 werden diese vorgestellt.

Die Geschäftsprozessaktivitäten können auf eine unterschiedliche Art und Weise miteinander verbunden sein. So unterscheiden Malone and Crowston (1994) drei mögliche Grundtypen der Abhängigkeit (*dependency*) zwischen den Aktivitäten:

Flussabhängigkeit (*flow dependency*), hier produziert die Prozessaktivität eine Ressource, die von einer anderen Aktivität aufgegriffen wird;

Teilungsabhängigkeit (*sharing dependency*), d.h. mehrere Aktivitäten benutzen die gleiche Ressource;

Einsatzabhängigkeit (*fit dependency*), wobei hier mehrere Aktivitäten eine Ressource herstellen.

[2]Weitere Aspekte zu Ereignissen und Regeln im Geschäftsprozess werden in den Abschnitten 3.1 bzw. 3.3.1 ausgeführt.

Diese Abhängigkeiten können analog auf das Verhältnis zwischen Prozessen bzw. Subprozessen übertragen werden. Neben dieser ressourcenbezogenen Abhängigkeit zwischen Prozessaktivitäten können weitere Abhängigkeiten mit Bezug auf die Sichten auf einen Geschäftsprozess (z. B. die logische, kontextbezogene oder organisatorische Sicht) definiert werden.

Um einen Prozess ausführen zu können, bzw. um einen Output zu erzeugen, werden Ressourcen (R) benötigt. Diese können sowohl materiell (Werkstoffe) als auch immateriell (Daten, Informationen) sein. Dabei benötigen nicht alle Aktivitäten im Prozess die gleiche Art von Ressourcen, um ausgeführt zu werden.

Der Begriff der Geschäftsobjekte wurde bereits oben definiert und beinhaltet alle, sowohl die dokumentierten als auch die nicht dokumentierten Prozessbeteiligten. Insbesondere ihr Einfluss auf den Prozessablauf und ihre Zustände sind bei einer umfassenden Prozessanalyse von Bedeutung. Geschäftsobjekte (O) können Quellen von Änderungen in der Geschäftslogik sein; die Änderung ihrer Zustände und deren Interaktion können zusätzliche Informationen über den Prozessfluss und die im Prozessablauf generieren Ergebnisse liefern, die insbesondere bei der Beobachtung und Evaluierung der Prozessleistung von Bedeutung sind (siehe Abschnitt 3).

Ein Geschäftsprozess P kann also als ein Tupel aus A, C, R, O und S dargestellt wenden: $P = A, C, R, O, S$. Durch diese Darstellung können Prozesse bezüglich der ausführenden Rollen, der bestimmenden Aspekte der Ausführung, der eigentlichen Ausführungsschritte sowie der Ressourcen, die zur Ausführung benötigt werden, systematisch analysiert werden. Bei verteilt ausgeführten Prozessschritten oder Geschäftsprozessen erlaubt eine solche Definition die Identifikation von potenziellen Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilen. So müssen die jeweilige Prozesslogik bzw. die geltenden Geschäftsregeln an die für den Prozessteil relevante Umwelt angepasst werden. Aus diesen Abhängigkeiten lässt sich der Bedarf ableiten die entsprechende Umwelt, die relevanten Geschäftsobjekte und den Prozesskontext bereits bei der Prozesskonzeption zu analysieren und zu definieren. Die Berücksichtigung der Dynamik der Prozessabläufe ist im Kontext der verteilten Prozesse notwendig, da Änderungen und unterschiedliche Anforderungen aus der Umwelt zeitnah in die Prozessausführung eingebunden werden müssen.

2.1.2. Prozesseigenschaften

Eigenschaften von Prozessen können ebenfalls zu ihrer Klassifikation bzw. zur Analyse des Prozesses als System einbezogen werden. So können die Prozesse, die materiellen Input in einen materiellen Output umwandeln können, als Produktionsprozesse bezeichnet werden. Eine andere Gruppe bilden Prozesse, deren Fokus auf der Informationsverarbeitung und –Übermittlung liegt. Deren Abläufe können daher flexibler und variantenreicher sein, was ihre detaillierte Dokumentation erschweren kann.

Schwickert and Fischer (1996) identifizieren weitere allgemeine jedoch auch wesentliche Prozessmerkmale wie: Strukturiertheit, Variabilität und Umfang. Ein Prozesses kann demnach dann als strukturiert bezeichnet werden, wenn der Weg zum Erreichen des Prozessziels eindeutig festgelegt ist, d.h. sowohl die Elemente als auch der Ablauf vollständig und explizit bestimmt sind. Der Grad der Prozessstrukturiertheit steigt, je eindeutiger

und detaillierter der Ablauf des Prozesses definiert ist. Je geringer die Strukturiertheit, desto mehr Zeit ist für die Bearbeitung des Prozesses notwendig, da bei nicht ausreichender Beschreibung auf Analyse und Erfahrung der Mitarbeiter zur Erreichung des Prozessziels zurückgegriffen werden muss. Die Automatisierung von strukturierten Prozessen ist leicht möglich und in Bezug auf die effiziente Prozessausführung vorteilhaft.

Variabilität des Prozesses ist eine Kenngröße dafür, wie oft ein Prozess im Zeitablauf geändert werden muss, bevor er sein Ziel unter den herrschenden Umweltbedingungen erreicht. Bei geringer Variabilität besteht die Tendenz, dass eine hohe Stabilität des Prozesses im Zeitablauf erzielt werden kann. Hohe Variabilität weist jedoch tendenziell auf geringe Strukturiertheit des Prozesses hin.

Der Prozessumfang wird durch die Anzahl der Teilprozesse definiert, die innerhalb des Prozesses bis zu seiner Zielerreichung ausgeführt werden müssen. Je größer die Anzahl der Teilprozesse, desto umfangreicher ist der Prozess. Mit dem steigenden Umfang erhöht sich auch der Zeitaufwand, der benötigt wird, den Prozess zu Ende zu führen.

Allweyer (2005, S. 68) sieht zusätzlich zum Prozessumfang seine Dauer als eine wesentliche Prozesseigenschaft. Diese wird von dem Zeitpunkt des Anfangsereignisses, der den Prozess anstößt, bis zum Abschließen des Prozesses durch das entsprechende Endereignis berechnet. Schwickert and Fischer (1996) geben allerdings keine weitere Präzisierung oder Quantifizierung der einzelnen oben erwähnten Eigenschaften an. Aus diesem Grund wird hier zusätzlich die Klassifikation der Prozesse durch Bessai et al. (2008) betrachtet. Die Autoren schlagen drei Dimensionen vor, um die Prozesse bzw. ihre „Natur“ aus dem Prozesskontext heraus, teilweise basierend auf erhobenen Kennzahlen (siehe Tabelle 2.4), zu klassifizieren. Diese sind (siehe auch Abbildung 2.1.1):

Ressourcen: Diese Dimension umfasst zwischenmenschliche Beziehungen wie Kommunikation, Kollaboration, Wissen und Entscheidungsfindung, aber auch den Datenaustausch innerhalb des Prozesses;

Prozessaktivität: als Merkmale der Aktivitäten unterschiedlicher Prozesse werden die jeweilige Wiederholbarkeit und der Dokumentationsumfang betrachtet;

Prozess: Der Prozess wird anhand der Anzahl seiner Instanzen und Weiterentwicklung, also Evolution bzw. Variantenentwicklung des Ablaufs beschrieben.

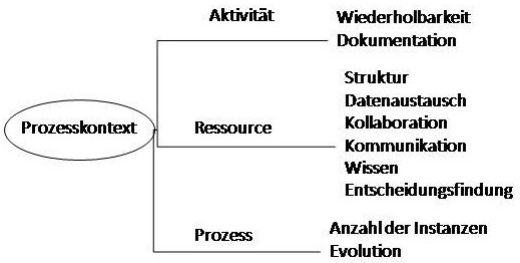


Abbildung 2.1.1.: Dimensionen der Prozessklassifikation nach Bessai et al. (2008)

Je nach Analyseziel können die erwähnten Prozesseigenschaften erweitert bzw. detailliert werden (siehe z.B. Abschnitt 2.2.2). Diese und weitere Prozesseigenschaften werden nun zur Klassifikation von Geschäftsprozessen eingesetzt.

2.2. Typisierung von Geschäftsprozessen und Aktivitäten

Die Bestimmung des Prozesstyps bildet einen wichtigen Ausgangspunkt der prozessorientierten Systemanalyse bzw. des Geschäftsprozessmanagements (siehe Abschnitt 2.3.2). Aus der Typisierung können sowohl Prozessanforderungen als auch Aspekte zur Beurteilung der Prozessergebnisse abgeleitet werden. Ein wesentliches Ziel der Prozesstypisierung kann die Beurteilung sein, ob ein Prozess für eine IT-basierte Ausführung des Gesamtablaufs (durch z. B. ein Workflowmanagementsystem) oder bestimmter Prozesselemente (z.B. der Geschäftsregeln oder Entscheidungen durch entsprechende betriebliche Anwendungen) geeignet ist. Dabei spielen unterschiedliche Prozesseigenschaften eine wichtige Rolle. Ihre Identifikation und Auswertung ist meist jedoch schwierig. Geschäftsprozesse können unter verschiedenen Gesichtspunkten und somit auch nach unterschiedlichen Kriterien typisiert werden. Die jeweilige Typisierung gibt einen Aufschluss über die potenzielle Automatisierungsmöglichkeit und Verwaltungsansätze des Prozesses. Eine integrierte Betrachtung der unterschiedlichen Prozesstypen und ihrer Anforderungen ist erforderlich, um eine durchgängige Prozessverwaltung zu gewährleisten (Allweyer (2005), S.65). Hier sollen die im vorhergehenden Abschnitt bereits aufgegriffenen Prozesstypen und Prozesseigenschaften vertieft betrachtet sowie die bereits existierenden Ansätze zur Klassifikation von Prozessen vorgestellt werden.

2.2.1. Allgemeine Typisierung von Geschäftsprozessen

Zunächst können Prozesse nach ihren *strukturellen* Merkmalen unterschieden werden. So können die allgemein differenzierbaren Leistungsprozesse identifiziert werden. Diese werden als Hauptprozesse bezeichnet (siehe Abbildung 2.2.1). Die Hauptprozesse bestehen aus mehreren Subprozessen. Dies sind alle Prozesse, die von Hauptprozessen abgeleitet und umgekehrt zu einem Hauptprozess zusammengefügt werden können. Auch Subprozesse können aus mehreren weiteren Sub(sub)prozessen, auf einer niedrigeren Ebene, bestehen.

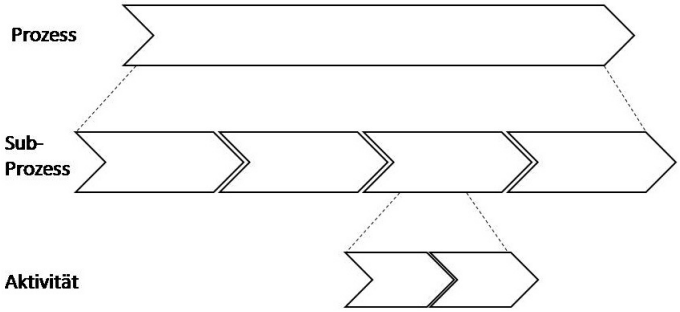


Abbildung 2.2.1.: Hierarchie des Prozessaufbaus (DeutscheGesellschaftQualitäteV (1999))

Das Grundelement der Prozesse ist die Aktivität. Sie ist das kleinste Prozesselement und befindet sich auf der niedrigsten Ebene der Prozessstrukturierung. Aktivitäten beschreiben einfache Aktionen und können nicht ohne Weiteres geteilt werden. Mehrere Aktivitäten können zu einem Subprozess zusammen gefasst werden.

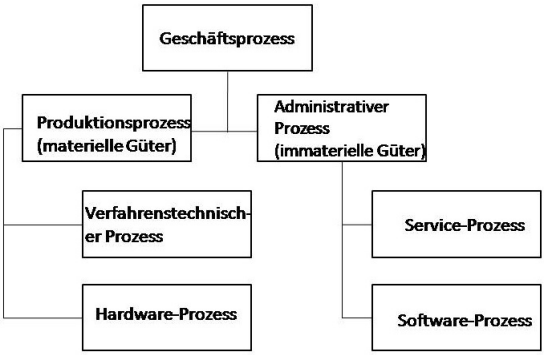


Abbildung 2.2.2.: Prozessklassifikation nach Prozessprodukt (DIN EN ISO 9000:2000)

Eine weitere naheliegende Typisierung von Prozessen kann anhand ihres Outputs bzw. Produktes geschehen (siehe Abbildung 2.2.2). Nach DIN EN ISO 9000:2000 kann zwischen materiellen und immateriellen Produkten und vier Produktkategorien unterschieden werden. Die Kategorien sind:

- Dienstleistungen bzw. Services, z.B. Taxifahrt;
- Software, z.B. Computersoftware oder Wörterbuch;
- Hardware bzw. Maschinen, z.B. Auto oder Möbel;
- Verfahrenstechnische Produkte wie z.B. Säure, Zement, etc.

Ein Service-Prozess produziert eine (immaterielle) Dienstleistung. Dabei beinhaltet mindestens eine Aktivität einen direkten oder indirekten Kundenkontakt bzw. Kontakt zu

einem Input, der vom Kunden zur Verfügung gestellt wurde. Ein Software-Prozess beschreibt Aktivitäten, die Information oder Anwendungssysteme produzieren. Das Prozessergebnis ist immateriell, aber im Gegensatz zu einer Dienstleistung, kann es gespeichert werden. Ein Hardware-Prozess beinhaltet alle Aktivitäten, die dafür notwendig sind, ein materielles Produkt durch Montage oder Fabrikation herzustellen. Bei verfahrenstechnischen Prozessen wird der Input, Rohstoffe oder Zwischenprodukte, zu einem Prozessergebnis durch mechanische, thermische oder chemische Verfahren verarbeitet.

Durch die Differenzierung zwischen materiellem und immateriellem Prozessergebnis kann auf einer höheren Abstraktionsebene zwischen den administrativen bzw. Verwaltungsprozessen (*adminstrative processes*) und Erzeugnisprozessen (*commodity processes*) unterschieden werden. Die ersten haben ein immaterielles Prozessergebnis, während die letzten ein materielles Gut produzieren.

Prozesse können nach ihrer Rolle bzw. der Rolle ihres Ergebnisses für das Unternehmen differenziert werden. Dabei können folgende Aspekte betrachtet werden: Beitrag zur Wertschöpfung, Erfüllung der Unternehmensziele, Führung und Steuerung sowie ihre unterstützende Rolle in den erwähnten Bereichen (Schmelzer and Sesselmann (2006, S. 64), Gadatsch (2007, S. 32), Osterloh and Frost (2006, S. 34ff), Becker (2007, S. 7)). Prozesse können ebenfalls nach ihrer *Zugehörigkeit* zu einer Branche oder zu einem bestimmten Unternehmen betrachtet werden.

Weiterhin kann zwischen privaten und öffentlichen Geschäftsprozessen unterschieden werden (Ko (2009)). Die privaten Geschäftsprozesse werden unternehmensintern ausgeführt, während die öffentlichen Prozesse externe Organisationen mit einbeziehen und gegebenenfalls für alle Beteiligten einzusehen sind. Eine Ausprägung der öffentlichen Prozesse sind die so genannten kollaborativen Geschäftsprozesse (Verginadis et al. (2009)). Diese werden im Zuge der Globalisierung der Unternehmensmärkte, also auch verteilter Prozessausführung, zunehmend wichtiger.

Neben den kollaborativen, also auf mehrere Unternehmen verteilten, Geschäftsprozessen wird hier auch zwischen den innerhalb des Unternehmens verteilten, also geografisch verteilten Prozessen unterschieden. Ein verteilter Geschäftsprozess in diesem Sinne ist also eine Menge von Geschäftsaktivitäten, die ein bestimmtes materielles oder immaterielles Ergebnis nach genau festgelegten Regeln erzeugt bzw. ein gemeinsames Ziel erfüllt. Die einzelnen Aktivitäten werden jedoch räumlich getrennt voneinander ausgeführt und sind lediglich über Kommunikationskanäle bzw. Datenaustausch miteinander verbunden. Die Verteilung der Prozesse kann auf unterschiedlichen Ebenen der Unternehmensarchitektur statt finden. Zum einen können die Prozesse unternehmensübergreifend ablaufen. In diesem Fall wird von einem virtuellen Unternehmen (*virtual enterprise*, siehe z.B. (Perrin and Godart (2004))) gesprochen, da verschiedene Teilnehmer der Wertschöpfungskette an der Prozessausführung beteiligt sind. Funktionsübergreifende Prozesse werden innerhalb eines Unternehmens durchgeführt und nehmen zur Erreichung des Prozessziels mehrere Funktionen in Anspruch; d.h. ihre Subprozesse laufen in mehreren Unternehmensbereichen ab. Stellenübergreifende Prozesse laufen innerhalb eines Unternehmensbereiches, jedoch auf unterschiedlichen Hierarchieebenen ab. Das Konzept der Umwelt wird hier für die Definition von verteilten Prozessen angewandt. Ein Prozess $P_i \epsilon U_i$ ist genau dann verteilt, wenn mindestens eine seiner Aktivitäten nicht in der Umwelt U_i ausgeführt wird.

Einem verteilten Prozess können also mindestens zwei relevante Umwelten zugewiesen werden. Die Gesamtumwelt U_g eines verteilten Geschäftsprozesses kann dann als eine Menge aus den entsprechenden Umwelten betrachtet werden:

$U_g = \{u_1, u_2, \ldots, u_n\}, n \leq Anzahl\,der\,Prozessaktivitäten, \epsilon N$

Neben der strukturellen und ausführungsbezogenen Klassifizierung können Geschäftsprozesse nach ihrem Einsatzbereich unterscheiden werden. Sowohl die unterstützenden Tätigkeiten als auch die Kernkompetenzen des Unternehmens können als zwei Bereiche der Prozessanwendung betrachtet werden. Diese grobgranulare Unterscheidung zwischen den Managementprozessen (Verwaltungs- und Unterstützungsprozessen) und den Prozessen, die die Kernkompetenzen des Unternehmens verwirklichen, kann weiter verfeinert werden. Dern (2003) bezeichnet diese beiden Gruppen als *Kern-* bzw. *Service*prozesse. Die Klassifizierung der Prozesse gemäß ihrem Bezug zur Kernkompetenz der Unternehmung bezieht neben den organisatorischen Aspekten die Funktionen des Prozesses mit ein (Prahalad and Hamel (1990)). Ähnlich der Klassifikation der Prozesse nach ihrer Rolle für das Unternehmen von Schmelzer and Sesselmann (2006, S. 64), Gadatsch (2007, S. 32), Osterloh and Frost (2006, S. 34ff), Becker (2007, S. 7), können drei Prozessgruppen unterschieden werden:

Kerngeschäftsprozesse: Prozesse, die direkt an der Umsatzerzeugung beteiligt sind.

Managementprozesse: Prozesse, die Effizienz, Governance und Erfüllung der Unternehmensziele gewährleisten.

Unterstützungsprozesse: Prozesse, die nicht direkt an der Wertschöpfung beteiligt, jedoch für die Erfüllung der Geschäftsziele unbedingt notwendig sind.

Die Managementperspektive legt den Schwerpunkt auf die organisatorischen und entscheidungspolitischen Aspekte und somit auf eine effiziente und effektive Gestaltung der Kernprozesse. Hier werden drei weitere Detaillierungsebenen der Managementebene unterschieden (Anthony (1965)), die die Initiierung entsprechender Prozesse nach sich ziehen:

Operationelle Kontrolle: Gewährleistung der Effizienz und Effektivität der Ausführung.

Management -Kontrolle (taktische Ebene): Gewährleistung des effizienten und effektiven Ressourceneinsatzes zur erfolgreichen Ausführung der Organisationsziele.

Strategische Planung: Entscheidungsprozesse bezogen auf die Organisationsziele, Ressourcen und Richtlinien, die die Anschaffung, Verbrauch und Verfügbarkeit dieser Ressourcen bestimmen.

In der Literatur existieren weitere zahlreiche Kriterien zur Klassifikation von Geschäftsprozessen. So identifiziert z.B. Dern (2003) weitere Betrachtungsrichtungen der Prozessklassifizierung:

- Produktions- und Dienstleitungsprozesse,
- Strukturierte und ad-hoc Prozesse,

- Routine-, Regel- und einmalige Prozesse[3],
- Governance-, Management- und operationelle Prozesse (Scheer (2008)) sowie
- Administrative und kollaborative Prozesse (Purvis et al. (2001)).

Die Produktions- und Dienstleistungsprozesse wurden bereits oben erläutert. Die *strukturierten* Prozesse sind durch einen hohen Detaillierungsgrad in ihrer Beschreibung bzw. Modellierung gekennzeichnet. Dadurch, dass hier alle Informationen vorhanden sind und die Abläufe sich wenig ändern, können diese Prozesse gut automatisiert und kostengünstig umgesetzt werden (Maurer (1996a)). Allweyer (2005) betrachtet die Strukturierung des Geschäftsprozesses bezüglich des Prozessablaufs. Er bewertet den Strukturierungsgrad eines Prozesses anhand der Prozessabweichungen, die bei der Wiederholung des Prozesses auftreten können. Sind die benötigten Entscheidungen und die Ablaufvarianten sowie die Abfolge der einzelnen Prozessschritte bereits im Vorfeld bekannt, also determiniert, wird diesem Prozess ein hoher Strukturierungsgrad zugewiesen. Zu diesen Prozessen können z. B. die Produktionsprozesse gezählt werden. Ad-hoc Prozesse können nicht auf einer hohen Detailebene strukturiert werden, ändern sich häufig und erfordern eine flexible Reaktion (Heilmann (1994)) bzw. sind Abläufe, die eine aktive Interaktion mit einem Mitarbeiter benötigen (Purvis et al. (2001)).

2.2.2. Klassifizierung der Prozesse nach ihrem Automatisierungsgrad

Die Aufteilung in Routine-, Regel- und einmalige Prozesse betrifft den potenziellen Automatisierungsgrad dieser Prozesse. Picot and Rohrbach (1995) identifiziert folgende Eigenschaften zur Ermittlung des Automatisierungsgrads eines Prozesses:

- Komplexität,
- Grad der Veränderlichkeit,
- Detaillierungsgrad,
- Grad der Arbeitsteilung und
- Interprozessverflechtung.

Des Weiteren identifizieren Picot and Rohrbach (1995) die Indikatoren dieser Eigenschaften aus den Geschäftsprozessen (siehe Tabelle 2.1).

Hieraus ergeben sich nach Picot and Rohrbach (1995) die drei Prozess- bzw. Workflowtypen[4]: Routineprozess, Regelprozess und einmaliger Prozess, die anhand der Kombination der Prozessvariablen klassifiziert werden:

Routineprozess verfügt über eine erkennbare und beständige Struktur und ist somit planbar. Er weist einen hohen Grad an Arbeitsteilung und eine geringe Anzahl an Schnittstellen zu anderen Prozessen auf.

[3] Siehe auch Abschnitt 2.2.2

[4] Die WfMC definiert ein Workflow als eine computerisierte Unterstützung oder Automatisierung von dem gesamten Geschäftsprozess (WorkflowManagementCoalitionWfMC (1995)).

Prozessvariable	Indikatoren
Komplexität	Zahl der Teilaufgaben Anordnung der Teilaufgaben (sequentiell, parallel) Abhängigkeiten/Rückkoppelungsbedarf der Teilaufgaben Rollen der in den Prozess involvierten Mitarbeiter
Grad der Veränderlichkeit	Wiederholungshäufigkeit ohne Strukturveränderungen Planbarkeit der Kommunikation während der Informationsbeschaffung Offenheit des Prozessergebnisses Änderungsanfälligkeit, bedingt durch organisationsinterne/-externe Anforderungen
Detaillierungsgrad	Möglichkeit der Zerlegung des Gesamtprozesses in einfache Teilschritte Eindeutigkeit des erforderlichen Inputs, der Transformationsschritte und des Outputs
Grad der Arbeitsteilung	Anzahl der am Prozess beteiligten Mitarbeiter Koordinationsbedarf des Gesamtprozesses
Interprozessverflechtung	Schnittstellen zu anderen Prozessen Gemeinsame Datennutzung der Prozesse Prozesshierarchie (Beitrag des Prozesses zu über-, unter- oder nebengeordneten Prozessen)

Tabelle 2.1.: Prozessvariablen nach Picot and Rohrbach (1995)

Regelprozess verfügt über eine kontrollierbare Struktur, die jedoch häufig und individuell durch den Sachbearbeiter verändert werden kann, und Komplexität. Die Abläufe sind nicht genau determiniert.

Einmaliger Prozess kennzeichnet sich dadurch aus, dass weder sein Prozessablauf noch die Kommunikationspartner konkret bestimmbar sind. Somit wird sein Ablauf meist mit einem hohen Kommunikationsaufwand durch die Mitarbeiter durchgeführt. Dieser Prozesstyp ist kaum planbar und somit auch nicht automatisierbar.

Die Prozesse selber können sich nach Picot and Rohrbach (1995) aus mehreren Teilaufgaben zusammen setzen, die ebenfalls in drei Fälle eingeteilt werden können. Da ein einzelner Prozess mehrere unterschiedliche Aufgabentypen beinhalten kann, wird jener für den Prozess als charakteristisch angesehen, der dominant ist (Picot and Rohrbach (1995)):

Routinefall ist gekennzeichnet durch eine hohe Planbarkeit bei niedriger Komplexität der Abläufe. Der Informationsbedarf und der Lösungsweg sind bestimmt. Zur Lösung werden zahlreiche Hilfsmittel und festgelegte Kooperationspartner herangezogen, wobei die Kommunikationsintensität eher niedrig bleibt.

Sachbezogener Fall zeichnet sich durch eine erhöhte Komplexität und geringere Plan-

barkeit aus. Der Informationsbedarf und die Kooperationspartner sind nicht eindeutig bestimmbar.

Einzelfall verfügt über eine hohe Komplexität und niedrige Planbarkeit. Der Informationsbedarf sowie der Lösungsweg sind unbestimmt. Die Kooperationspartner sind nicht festgelegt. Es handelt sich hierbei dennoch um eine kommunikationsintensive Arbeit unter Verwendung von wenigen Hilfsmitteln.

Somit sind Prozesse, in welchen die Routinefälle dominant sind bzw. die als Routineprozess nach Picot and Rohrbach (1995) bezeichnet werden können, am besten dafür geeignet automatisiert umgesetzt zu werden. Sowohl die Reihenfolge der Prozesstätigkeiten als auch die Anzahl der Ergebnisvarianten bleiben bei diesen Prozessgruppen über die Prozesswiederholungen gleich. Auch die Anzahl und Art der für die Ausführung der Aktivitäten benötigten Informationen ist stabil.

Maurer (1996a, S. 18) definiert folgende Eigenschaften für Prozesse, die automatisiert ausgeführt werden können. So müssen sie:

Gut strukturiert sein. Das bedeutet, dass sowohl der grundsätzliche Ablauf, der jeweilige Informationsbedarf der Prozessaktivitäten und der ausführenden Akteure, müssen bereits bei der Planung und Entwicklung des Prozesses, also zur Konfigurationszeit, feststehen.

Eine stabile Struktur aufweisen. Der Grundablauf des Prozesses sollte sich nicht ändern, da jede Aktualisierung des Ablaufs auch eine entsprechende Aktualisierung des Ausführungsmodells und der hinterlegten Logik nach sich zieht.

Häufig wiederholbar sein. Weist ein Ablauf eine hohe Frequenz auf, werden die Vorteile seiner Automatisierung besonders deutlich.

2.2.3. Klassifizierung nach Verhaltensaspekten

Neben den strukturellen Eigenschaften von Prozessen, können ihr Umgang mit immateriellen Ressourcen bzw. der Art der Zusammenarbeit bei ihrer Ausführung zur Typisierung verwendet werden.

Administrative Prozesse sind sich wiederholende, voraussehbare Abläufe, die mithilfe einfacher Regeln koordiniert werden. Diese Prozesse zeichnen sich zudem durch die Abwesenheit bzw. geringe Einbindung des Kunden aus, jedoch auch durch eine begrenzte Anzahl der Ablaufvarianten sowie durch klar vorgeschriebene Abläufe. Sie können also der Gruppe der unterstützenden Prozesse (s. o.) zugeordnet werden.

Kollaborative Prozesse sind wenig strukturiert und müssen häufig durch mehrere Gruppen von Mitarbeitern ausgeführt werden. Wichtig hierbei ist die Definition und Ausführung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Subprozessen. Ein Beispiel hier wäre Systementwicklung. (Purvis et al. (2001))

In datenintensiven Prozessen spielen strukturiert vorliegende Daten eine wichtige Rolle für den Prozessablauf (Allweyer (2005, S. 67)). Die Daten[5] sind für die Erreichung des

[5] Zur Definition der Daten siehe Abschnitt 3.6

Prozessziels oder die Ausführung einer Prozessaktivität unbedingt erforderlich. Dabei spielt nicht nur ihre Präsenz eine Rolle, sondern auch ihre Struktur. Wird diese verändert, kann eine Aktivität nicht bzw. nicht wie vorgesehen ausgeführt werden.

Informationsbasierte Prozesse werden hier als eine Erweiterung der datenintensiven Prozesse betrachtet. Diese erfordern jedoch nicht das Vorliegen konkreter Datenobjekte, sondern der Information in einer ggf. nicht formalisierten Form[6]. Das Vorliegen der Information spielt eine wichtige Rolle für den Prozessablauf, insbesondere im Kontext der Entscheidungsfindung und Ausführung der einzelnen Aktivitäten. Die informationsbasierten Prozesse können jedoch auch strukturiert ablaufen und weisen häufig einen planbaren Informationsbedarf auf.

Ergänzend werden hier die informationsintensiven Prozesse definiert. Dies sind Geschäftsprozesse mit einem hohen Anteil an planbaren informationsgenerierenden und –anfordernden Tätigkeiten, die eine Kommunikation mit weiteren Prozessbeteiligten erfordern. Informationsintensive Prozesse können auch informationsbasiert sein.

Des Weiteren ist es im Kontext dieser Arbeit sinnvoll, die Begriffe von wissensintensiven, entscheidungsintensiven und entscheidungs*information*sintensiven Prozessen zu unterscheiden. Wissensintensive Prozesse sind das Gegenteil von strukturierten Prozessen. Sie verfügen über keine wiederkehrende Abfolge der Tätigkeiten oder Struktur und erfordern häufig ein hohes Maß an personengebundenem Expertenwissen. Sie können deshalb nicht exakt wiederholt und schwer kontrolliert werden (Trier and Müller (2004)). Goesmann and Hoffmann (2000) definieren die wissensintensiven Geschäftsprozesse als Geschäftsprozesse mit einem hohen Anteil an informationsverarbeitenden Tätigkeiten, mit auftretendem nicht planbarem Informationsbedarf und häufiger neuer Informationsgenerierung. Im Gegensatz zu informationsbasierten Prozessen, zeichnen sich wissensintensive Prozesse durch ihre Varianz, häufige Anpassungserfordernisse, dynamische Prozessorganisation und weite Entscheidungsspielräume der Mitarbeiter aus. Goesmann and Hoffmann (2000) benutzen zudem den Begriff Wissensprozesse synonym mit den Prozessen des organisationalen Lernens. Diese bezeichnen Prozesse, in welchen „Mitarbeiter Wissen entwickeln, zur Verfügung stellen und adaptieren, dem Relevanz für die [...] Organisation zukommt.“ Wissensprozesse transportieren Fragen und Antworten zum Prozessablauf sowie Erfahrungen und Verbesserungsvorschläge im Laufe der Prozessbearbeitung.

Entscheidungsintensive Geschäftsprozesse sind zum einen wissens-, jedoch auch informationsbasierte Prozesse. Diese treten mehrfach auf und können in ihren Abläufen wiederholt werden. Andererseits werden sie, ähnlich wie die wissensintensiven Prozesse, von Wissensarbeitern[7] in unterschiedlichen organisatorischen Positionen durchgeführt. Diese treffen zahlreiche, miteinander zusammenhängende Entscheidungen, die für die Ausführung von Unternehmenszielen eine wesentliche Rolle spielen (Bromberg (2007)). Allerdings ist hier die mögliche Entscheidungsmenge wesentlich beschränkter als im Fall von wissensintensiven Prozessen. Zwar beinhalten auch hier die Tätigkeiten der Mitarbeiter die Verarbeitung von einer Vielzahl an Informationen, der Informationsbedarf ist

[6] Zur Defininition der Begriffe Daten und Information, siehe Abschnitt 3.6

[7] Als Wissensarbeiter werden hier Mitarbeiter bezeichnet, die größtenteils ihre Expertise, also Wissen, auf einem bestimmten Bereich dazu einsetzten, das Prozessergebnis zu erzielen.

bei diesen Prozessen jedoch weitestgehend planbar. Auch bleibt die Prozessorganisation innerhalb der Wiederholungsabläufe stabil.

Werden die entscheidungsintensiven Prozesse unter weiteren Aspekten betrachtet, kann festgestellt werden, dass die Menge an benötigten Informationen für eine bestimmte Entscheidung für die Bearbeitung und Analyse eines Prozesses ausschlaggebend sein kann. Aus diesem Grund wird hier der Begriff des entscheidungsinformationsintensiven Prozesses verwendet. Diese Prozesse zeichnen sich also durch zahlreiche operationellen Entscheidungen aus, die im Laufe des Prozesses getroffen werden sollen. Zudem benötigen diese Entscheidungen eine erhöhte Informationsmenge zu ihrer Unterstützung. Diese Prozesssicht erweitert die Definition von entscheidungsintensiven Prozessen um den Aspekt des Informationsbedarfs. Dieser bezieht sich dabei nicht nur auf Informationen wie z.B. Geschäftsregeln, Unternehmensrichtlinien (*policies*) und die Arbeitserfahrung eines Mitarbeiters, sondern auch auf prozessbegleitende Informationen, die in Datensammlungen wie z.B. der Kundenhistorie etc. aufgenommen sind und also zunächst erhoben werden müssen. Weitere Aspekte des Informationsmanagements werden im Abschnitt 3.6.3 erläutert.

2.2.4. Zusammenfassung der Prozesstypisierung

Aus den vorgestellten Definitionen der Prozesstypen kann die in der Tabelle 2.2 dargestellte Zusammenfassung der Prozessattribute (basierend auf der Einteilung von Bessai et al. (2008)) und ihrer Präsenz bei möglichen Prozessarten abgeleitet werden.

Prozessattribut/ Prozesstyp	Dokumentation	Anzahl Instanzen	Wiederholbarkeit	Wissen	Kommunikation	Datenaustausch	Kollaboration	Entscheidungsfindung	Evolution
Produktion	✓	✓							
Administrativ	✓		✓						
Kollaboration				✓	✓	✓	✓		
Ad-hoc					✓			✓	✓

Tabelle 2.2.: Übersicht der Prozesstypen und ihrer Attribute

Dabei ist zu beachten, dass in dieser Tabelle nur die charakteristischen Attribute des jeweiligen Prozesstyps betrachtet wurden. So können z. B. bei Ad-hoc Prozessen auch Daten ausgetauscht werden, jedoch liegen ihre auszeichnenden Eigenschaften in verstärktem Kommunikationsaufwand, der Entscheidungsfindung und der Vielzahl an vorhandenen oder sich entwickelnden Varianten.

Wird die Eigenschaft „Dokumentation“ als Dokumentierbarkeit der Prozesse, d.h. der Tatsache, ob ein Festhalten der Abläufe möglich bzw. sinnvoll ist, weil die Abläufe sich auf die gleiche oder ähnliche Weise wiederholen, aufgefasst, können wissens-(WI) bzw.

entscheidungs(EI)-, informations-(II) und entscheidungsinformationsintensiven (EII) Prozesse entsprechend in die Typisierung der Prozesse aufgenommen werden (siehe Tabelle 2.3).

Prozesstyp	Dokumentation	Anzahl Instanzen	Wiederholbarkeit	Wissen	Struktur	Kommunikation/ Datenaustausch	Kollaboration	Entscheidungsfindung	Evolution /Variabilität	Kundenpräsenz
Produktion	✓	✓	✓							
Administrativ	✓		✓							
Kollaboration				✓	✓	✓	✓	✓		
Ad-hoc						✓		(✓)	✓	✓
WI				✓			✓	(✓)	✓	✓
EI						✓		✓	✓	(✓)
EII	✓		✓			✓	✓	✓		✓
II	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓

Tabelle 2.3.: Erweiterte Übersicht der Prozesstypen und ihrer Eigenschaften

Dabei wird unter Wissen neben dem Fachwissen auch das prozeduale Wissen zusammengefasst. Der Begriff prozeduales Wissen stammt aus den Kognitionswissenschaften und beinhaltet Regeln und Prozessabläufe, mit welchen in einem bestimmten Verarbeitungsprozess gewünschte Ergebnisse erzielt werden können (Schulmeister (2007)).

Die Anzahl der Prozessinstanzen spiegelt die Anpassbarkeit des Prozesses auf leichte bis mittlere Veränderungen in den Anforderungen an den Prozess bzw. den Änderungen des Prozessablaufs wider. Demnach entspricht diese Eigenschaft der von Schwickert and Fischer (1996) definierten Prozesscharakteristik *Prozessumfang*. Die *Wiederholbarkeit* eines Prozesses kann z. B. zur Charakterisierung von Routineprozessen und somit bei der Entscheidung über seine Automatisierbarkeit hinzugezogen werden. *Datenaustausch* als Prozesscharakteristik gibt die Tatsache wider, wie sehr Daten in die Prozessausführung involviert sind.

Die Struktur gibt bei Bessai et al. (2008) Aufschluss über die Organisationsstruktur der Prozessakteure. Hier wird der Begriff jedoch im Sinne von Strukturiertheit der Prozesse nach Schwickert and Fischer (1996), also als der Grad der Determiniertheit des Prozessablaufs, aufgefasst.

Die Eigenschaft der Kollaboration bzw. Kommunikation innerhalb des Prozesses bezeichnet den Grad der Kollaboration bzw. Kommunikation der Akteure bzw. der Subprozesse untereinander. Die Eigenschaft Wissen gibt Auskunft darüber, in welchem Masse die Einbeziehung des spezifischen Wissens des Mitarbeiters zur Zielerreichung notwendig ist. Entscheidungsfindung charakterisiert die Notwendigkeit innerhalb des Prozessablaufs (operative) Entscheidungen zu treffen. Evolution bezieht sich auf die zeitbezogene

Attribute	Werte	Kommentare	Messverfahren
Wiederholbarkeit	Boolesche Werte	Der Aspekt der Wiederholbarkeit einer Aktivität	Analyse der Logs
Dokumentation	Aufzählung{keine, Aktivität, Prozess}	Dokumentationsniveau eines Prozesses	Umfrage
Struktur	Aufzählung{Person, Gruppe}	Organisationsstruktur der Akteure	Umfrage
Datenaustausch	Boolesche Werte	Unterstützung des Datenaustauschs	Analyse der Logs
Kollaboration	Aufzählung {hoch, mittel. niedrig}	Kollaborationsebene zwischen den Akteuren	Analyse der Logs
Kommunikation	Boolesche Werte	Das Vorhandensein der Kommunikation zwischen den Akteuren	Analyse der Logs
Wissen	Aufzählung{Anwesenheit, Nutzen, Teilen}	Niveau der Wissensnutzung	Umfrage
Entscheidungsfindung	Häufigkeitsrate	Der Kontext der Entscheidungsfindung	Umfrage
Anzahl von Instanzen	Zahl	Anzahl der Prozessinstanzen	Analyse der Logs
Evolution	Aufzählung{statisch, dynamisch}	Prozessentwicklung während seiner Ausführung	Analyse der Logs/Umfrage

Tabelle 2.4.: Ausprägungen der Prozessattribute nach Bessai et al. (2008)

Veränderungen in Abläufen und Strukturen des Prozesses. Das entspricht der von Schwickert and Fischer (1996) definierten Prozesseigenschaft Variabilität. Diese beiden Begriffe werden hier synonym verwendet. Kundenpräsenz wird hier noch zusätzlich zu den von Bessai et al. (2008) sowie Schwickert and Fischer (1996) definierten Prozesseigenschaften hinzugefügt, da gerade bei der Beurteilung von Prozessmodellen die Anwesenheit des Prozesskunden als Klassifikationsmerkmal herangezogen werden kann.

Die Prozesstypen wurden aus den im Abschnitt 2.2.1 vorgestellten Typisierung und Definitionen abgeleitet. Die Tabelle 2.3 stellt also die Definition der Prozesstypen in Abhängigkeiten von den allgemeinen Prozesseigenschaften dar. Um ein Prozess jedoch einem Typ zuordnen zu können, müssen die Prozesseigenschaften entsprechend bewertet werden. Bessai et al. (2008) schlagen ihrerseits eine nähere Beschreibung der Prozesstypen anhand von teilweise quantifizierbaren Prozessattributen vor und führen eine Präzisierung dieser durch die Bestimmung der Messverfahren und der jeweiligen Wertebereiche ein. Tabelle 2.4 stellt die möglichen Ausprägungen und entsprechende Wertebereiche der von ihnen vorgeschlagenen Prozessattribute vor.

Die Tabelle 2.4 gibt zudem Aufschluss darüber, wie die Informationen über die Pro-

zesseigenschaften erhoben werden können. Bessai et al. (2008) berücksichtigen dabei zwei mögliche Quellen. Zum einen die Logs einer Prozessausführungsanwendung, d.h. die während der Prozessinstanziierung (der IT-unterstützten Prozessausführung) anfallenden Daten; zum anderen sind es Angaben der Mitarbeiter, die in Interviews bzw. mittels Umfragen erhoben wurden. Des Weiteren schlagen Bessai et al. (2008) Messeinheiten zur Bewertung der erhobenen Daten vor. Dabei werden zwei der betrachteten Prozesseigenschaften als quantifizierbar dargestellt: Entscheidungsfindung wird anhand ihrer Auftrittsrate gemessen sowie der Anzahl der Prozessinstanzen, die durch eine natürliche Zahl ausgedrückt werden. Dokumentierbarkeit, Struktur, Kollaboration, Wissen und Evolution sind Aufzählungstypen, während der Datenaustausch und die Kommunikation lediglich mit booleschen Ausdrücken (*true* oder *false*) beschrieben werden. Diese Beschreibung der Attribute und ihrer Werte soll die Bestimmung der Prozessklassen erleichtern und diese besser von einander abgrenzen.

Die in der Tabelle 2.4 den Prozessklassen zugeordneten Attribute wurden von Bessai et al. (2008) folgenden Prozesstypen zugeordnet (siehe auch Tabelle 2.2):

Produktionsprozesse = {Dokumentation, Anzahl der Instanzen, Wiederholbarkeit}

Administrative Prozesse = {Dokumentation, Wiederholbarkeit}

Kollaborationsprozesse = {Wissen, Struktur, Kommunikation, Datenaustausch, Kollaboration}

Ad-Hoc Prozesse = {Kommunikation, Evolution, Entscheidungsfindung}

Allerdings wird diese Zuordnung nicht durch die typischen Attributwerte, die den jeweiligen Prozesstyp kennzeichnen, bzw. ihre Grenzwerte vervollständigt. Bessai et al. (2008) schlagen somit Messmethoden der Prozessattribute und die Art ihrer Erfassung vor. So kann ein vorliegender Prozess einem bestimmten Prozesstypus zugeordnet werden. Ein Nachteil dieses Vorgehens neben einer verhältnismäßig groben Prozesstypisierung ist jedoch die Tatsache, dass die betrachteten Prozesse automatisiert vorliegen müssen, da eine der wesentlichen Aufnahmemethoden der Attributwerte die Auswertung der Prozesslogs beinhaltet. Somit entfällt auch eine wesentliche Zielanwendung der Prozesstypisierung, die Beurteilung ihrer potenziellen Automatisierbarkeit. Liegen allerdings keine automatisierten Geschäftsprozesse vor, sondern lediglich ihre Beschreibung oder Modelle, können diese Methoden der Klassifikation nicht oder nur begrenzt angewandt werden. Des Weiteren gehen Bessai et al. (2008) nicht auf die Extraktion der „weichen“ Faktoren wie Wissenseinsatz bzw. Entscheidungsintensität aus den Interviewdaten ein.

2.2.5. Klassifizierung der Prozessaktivitäten

Die Prozessaktivitäten wurden im Abschnitt 2.1.1 als Teilschritte der Prozessausführung beschrieben. Innerhalb des Prozessablaufs können weitere Typen von Aktivitäten unterschieden werden. In der Tabelle 2.5 wird eine mögliche Klassifizierung der Aktivitäten vorgeschlagen. Die Klassifizierung erfolgt anhand der vier übergeordneten Kategorien, in

Art der Aktivität	Kategorie	Definition	Ausprägungen	Merkmale im Prozessmodell
Kernaktivität	Prozessziel	Notwenige Bedingung zur Erreichung des Prozessziels	Bestimmt das Prozessergebnis bzw. ruft es hervor	Aktivitätsbezeichnung ähnlich der Prozessbezeichnung bzw. Prozessziel
Informationsquelle	Informationsfluss	Aktivität produziert die von (einer) anderen Aktivität(en) benötigten Informationen	Eingehende Informationsflüsse(sequenziell) vor den ausgehenden Informationsflüssen	Aktivitätsbezeichnung: erstellen, verschicken, entscheiden, etc.
Informationssenke	Informationsfluss	Aktivität, die zu ihrer Ausführung Informationen von (einer) anderen Aktivität(en) benötigt	Ausgehende Informationsflüsse vor den eingehenden	Aktivitätsbezeichnung: fragen, bestätigen, erkundigen, einholen, etc.
Geschäftsregel-trigger/quelle	Prozesslogik	Aktivität, die zu einer Entscheidung d.h. zur Wahl zw. mehreren alternativen Prozesspfaden führt	Aktivität, die ein OR- bzw. XOR-Gateway initialisiert	Aktivitätsbezeichnung: beurteilen, entscheiden, fragen, ansprechen, weiterleiten, bewerten, prüfen, etc.
Geschäftsregelsenke	Prozesslogik	Aktivität, die als Ergebnis einer Regel ausgeführt wird		
Kommunikations aktivität (Hub)	Informations fluss	Aktivität, die auf die Initiierung einer Kommunikati-on/Reaktion eines anderen Prozessteilnehmers gerichtet ist	Eingehende, aber keine ausgehende Information	Aktivitätsbezeichnung: informieren, berichten, zuschicken
Entscheidungs variante	Prozessablauf	Aktivität, die einen alternativen Prozessablauf einleitet	Erste Aktivitäten nach OR- bzw. XOR-Gateway	

Tabelle 2.5.: Übersicht der Typen von Prozessaktivitäten und ihrer Ausprägungen

welche die Prozesselemente am Anfang des Abschnitts eingeteilt wurden (siehe Abschnitt 2.1.1).

Hier wurden zunächst 7 Aktivitätstypen vorgeschlagen, einer Kategorie der möglichen Prozesselemente zugeordnet und definiert. In diesem Kontext können die Begriffe Informations- und Datenfluss synonym angewandt werden. Die Spalte "Ausprägungen" der Tabelle 2.5 beschreibt die Merkmale der jeweiligen Aktivitätsart. Anhand dieser Beschreibungen kann das Prozessmodell bezüglich der Aktivitätentypen analysiert werden. Die Typmerkmale konnten allerdings nicht bei allen Aktivitätstypen vervollständigt werden. Gerade die Bestimmung der Rolle als Geschäftsregelsenke fällt anhand des Prozessmodells schwer, da diese Rolle keine besonderen Ausprägungen in der Bezeichnung oder Position im Prozessmodell aufweist. So ist das Ziel dieser Arbeit u. A. diese Rollenbeschreibungen zu formalisieren bzw. eindeutig zu definieren.

2.3. Geschäftsprozessmanagement

Der Begriff Management stammt von dem lateinischen Ausdruck „manum agere" und bedeutet so viel wie "an der Hand führen". Im betriebswissenschaftlichen Kontext steht dieser Begriff für ein Gebilde von Steuerungsaufgaben und Funktionen zur Planung, Organisation und Kontrolle von Unternehmen (Steinmann and Schreyögg (2005), S.7ff). Geschäftsprozessmanagement (*business process management*) ist ein Managementansatz, der sich mit der Erfüllung sowohl der organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Unternehmenszielen als auch der Erfüllung der Kundenanforderungen beschäftigt. Der Ansatz beinhaltet Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung, Ausführung, Verwaltung und Analyse von Geschäftsprozessen (van der Aalst et al. (2003)). Fischermanns (2008) sieht das Ziel des Prozessmanagements in der Stützung der Prozessorganisation durch die IT und die entsprechende Unternehmenskultur.

Die European Association of BPM (EABPM (2009)) definiert Geschäftsprozessmanagement (synonym zu Business Process Management (BPM) oder Prozessmanagement) als einen systematischen Ansatz automatisierte und nicht- automatisierte Prozesse zu erfassen, gestalten, ausführen, dokumentieren, messen, überwachen und zu steuern, um nachhaltig die mit der Unternehmensstrategie konformen Prozessziele zu erreichen. BPM beinhaltet auch eine IT-unterstützte Bestimmung, Verbesserung, Innovation und Erhaltung von End-to-End-Prozessen[8]. Der Ursprung des Geschäftsprozessmanagements ist die Einführung des geschäftsprozessorientierten Denkens im Unternehmen.

2.3.1. Geschäftsprozessorientierung

Die Geschäftsprozessorientierung hat mit zunehmendem Wettbewerbsdruck in der Wirtschaft und Individualisierung der Kundenanforderungen an Bedeutung gewonnen. Prozessorientierung steht für die Organisation des Unternehmens im Bezug auf die Abläufe, die zur Wertschöpfung bzw. zu Teilen der Wertschöpfung führen. Diese Sicht wird von der

[8] http://www.eabpm.org/?page_id=5

Wertkette nach Porter (1985) etabliert und unterstützt. Die Prozessorientierung führt also eine funktionsübergreifende Sichtweise auf die Unternehmensorganisation ein. So sollen Schnittstellen im Ablauf und somit der entsprechende Koordinationsaufwand reduziert werden.

Während die funktionsorientierte Organisation nach bestimmten Tätigkeitsgruppen, die für die Erstellung der Wertschöpfung notwendig sind, aufgebaut ist, impliziert die Prozessorientierung eine ganzheitliche Betrachtung der Abläufe von Initiierung bis zum Ergebnis des Prozesses. Durch diese Herangehensweise orientiert sich die Prozessgestaltung und –Analyse signifikant an der Zufriedenheit des Kunden bzw. der Prozessstakeholder.

Der Begriff der Prozessorientierung und seine Verbreitung basieren auf den Arbeiten von Porter (1985), Hammer and Champy (1993a, 1992), Davenport and Short (1990), Davenport (1993), Walton (1986). Während Porter (1985) das Konzept der Interoperabilität innerhalb der Wertschöpfungskette aufgestellt hat, hat Deming (siehe Walton (1986)) eine Visualisierungsmethode für die Beziehungen innerhalb des Unternehmens vom Kunden bis zum Lieferanten vorgeschlagen, so dass diese Vorgänge einen Prozess bilden, der gemessen und verbessert werden kann. (McCormack (2001))

Um die Prozessorientierung in einem Unternehmen durchsetzen zu können, muss nicht nur die Organisation, sondern auch die Kultur und die Wahrnehmung der Mitarbeiter und der Manager auf die Prozesse gerichtet sein. In diesem Kontext definiert McCormack (2001) eine geschäftsprozessorientierte Kultur im Unternehmen. Prozessorientierte Kultur ist eine Kultur, die funktionenübergreifend und kundenorientiert in ihrem Prozess- und Systemdenken ist. Für Davenport (1993) umfasst die Prozessorientierung die Elemente: Struktur, Fokus, Messung, Verantwortung und Kunden. Die Struktur spiegelt die Einordnung des Prozesses in die bestehenden Ablaufgruppen und –Hierarchien des Unternehmens wider. Sie ermöglicht es, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Prozessen und ihre jeweiligen Auswirkungen besser nachzuvollziehen. Dieser Fokus ist bei der Prozessorientierung wichtig, da die Prozesse keinen Selbstzweck erfüllen, sondern auf die Erfüllung eines Kundenbedürfnisses ausgerichtet sind. Dabei kann der Kunde ein interner (nachfolgender Prozess) oder externer (Unternehmenskunde) Akteur sein.

Eine objektive Evaluation der Prozessabläufe wird durch die Einführung der Prozesskennzahlen und deren Aufnahme und Auswertung ermöglicht. Angefangen bei den finanziellen Abläufen und der Balance Scorecard (Kaplan and Norton (1992)) als Messinstrument, wurden Messinstrumente für weitere Prozesseigenschaften wie Qualität (Six Sigma) erweitert und präzisiert. Da Prozesse funktionsübergreifend aufgespannt sind, kann die Verantwortung für den gesamten Prozess kaum auf einen einzelnen Funktionsverantwortlichen übertragen werden; auch müssen die Zusammenhänge mit den anschließenden Prozessen berücksichtigt werden. So muss eine der Prozessorientierung angemessene Organisationsform eingeführt und eingesetzt werden (siehe auch Abschnitt 2.5.7).

Ein Prozess wird durch eine Kundenanforderung ausgelöst und richtet sich auf die Erfüllung dieses Auftrags. Nicht alle Prozesse sind auf den direkten Kontakt mit dem Auftraggeber ausgerichtet, jedoch hat jeder Prozess zumindest einen internen Kunden. Dieser muss zunächst identifiziert und seine Anforderungen müssen aufgenommen werden. Werden diese Aspekte bei der Ausrichtung der Unternehmensorganisation betrach-

tet, kann von einer prozessorientierten Organisation gesprochen werden. Weitere wichtige Elemente der prozessorientierten Unternehmenskultur sind nach Davenport (1993) kundenorientierte Prozessverbesserung sowie geschäftsprozessunterstützende Informationssysteme.

Hammer (1996) beschreibt prozessorientiertes Denken als funktionsübergreifend und ergebnisorientiert. Er schlägt auch vier Komponentenkategorien vor, die notwendig sind, um Prozessdenken nachzuvollziehen und zu integrieren: Geschäftsprozesse müssen identifiziert und definiert werden; diese müssen strukturiert und in gut definierte Sub-Gruppen (*jobs*) unterteilt werden; Verantwortlichkeiten für die Sub-Gruppen und objektive Leistungsmerkmale für diese und den Gesamtprozess müssen definiert und durch Management- und Messsysteme umgesetzt werden; das Unternehmen muss seine Werte und Visionen mittel- und langfristig definieren und sowohl die Prozessabläufe als auch ihre Bewertung daran messen können.

Diese Definitionen zeigen, dass die Prozessorientierung als ein globales und unternehmensumspannendes Konzept verstanden und umgesetzt werden soll. Der Grad der Umsetzung dieses Konzepts ist jedoch schwer zu definieren und zu erfassen. McCormack and Johnson (2000) haben empirisch untersucht wie dieses Konzept in der Forschung und Wissenschaft verstanden wird. Die Ergebnisse zeigten, dass der Fokus der Prozessorientierung auf Prozessergebnisse und Kundenzufriedenheit gelegt wird. McCormack (2001) identifiziert, ähnlich wie Davenport (1993), drei Kernelemente der Prozessorientierung:

Prozessmanagement und –Messung: die Entwicklung und Überwachung von prozessbezogenen Kennzahlen;

Identifikation und Definition von Prozessjobs, die wie bei Davenport als funktionsübergreifende, in Aufgaben und Verantwortlichkeiten zugeordnete, Subprozesse definiert werden;

Prozessbewusstsein durch sorgfältige Dokumentation und Verständnis des Prozesses in allen Phasen (McCormack (2001), S. 52-53).

Die Verfechter der Prozessorientierung sehen ihren Vorteil gegenüber anderen Unternehmensorganisationsformen in der Verbesserung der unternehmerischen Leistung durch die prozessbezogene Sicht auf die Organisation. Frei et al. (1999) waren unter den ersten Forschern, die den positiven Effekt der Prozessorientierung auf Geschäftsergebnisse empirisch untersucht haben. Sie zeigten einen direkten positiven Einfluss der Prozessorientierung auf Kundenzufriedenheit bei Kreditinstituten. Anderson and Fornell (1994), Ittner and Larcker (1997) zeigten den positiven Einfluss der Kundenzufriedenheit auf den Marktwert und Erlös eines Unternehmens. McCormack and Johnson (2000) führten eine empirische Untersuchung unter 100 Produktionsunternehmen durch, um den Zusammenhang zwischen der Prozessorientierung und Verbesserung der Unternehmenskennzahlen zu erforschen. Dabei wurde festgestellt, dass die Prozessorientierung wichtig für die Verbesserung des Betriebsklimas und Konfliktvermeidung ist und zur Verbesserung der unternehmerischen Leistung beiträgt. Unternehmen, die in der Untersuchung als besonders prozessorientiert gekennzeichnet wurden, zeigten zudem eine bessere Gesamtleistung.

2.3.2. Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements

Der Ansatz des Geschäftsprozessmanagements setzt auf Effizienz und Effektivität von Prozessen, um sie gleichzeitig flexibel und innovativ zu gestalten. Die dafür verwendeten Techniken, Werkzeuge und Methoden können in den BPM –*lifecycle*, also den Lebenszyklus der Verwaltung eines Prozesses im Unternehmen, eingeordnet werden. In der Wissenschaft und Praxis gibt es hierfür mehrere Varianten[9]. Sie unterscheiden sich jedoch lediglich bezüglich ihres Detailgrades (vergleiche z. B. Hammer and Champy (1992),van der Aalst et al. (2003), van der Aalst (2004), Allweyer (2005), zur Muehlen and Rosemann (2004), S.12). Die allgemeine Phasenaufteilung des Prozessmanagementlebenszyklus stellt die Arbeit von van der Aalst et al. (2003) dar. Diese wird anschließend von Mendling (2007) (siehe auch zur Muehlen and Rosemann (2004)) ergänzt. Der Lebenszyklus besteht zunächst aus vier Phasen:

Prozessentwicklung (Process Design): Hier werden die Prozesse modelliert bzw. ihre Beschreibung in eine maschinenausführbare Form gebracht.

Systemkonfiguration/Implementierung (System Configuration): In dieser Phase werden das Ausführungssystem und die Infrastruktur konfiguriert. Die Rollen und Rechte werden innerhalb des Prozess festgelegt und zugewiesen.

Prozessausführung (Process Enactment): Hier erfolgt die (automatisierte) Ausführung der Prozesse.

Diagnose (Diagnosis): In dieser Phase werden die Prozesse mit entsprechenden Monitoring- und Analysewerkzeugen begleitet. So kann ein Analyst aufgrund der ermittelten Daten Abweichungen in den Prozessabläufen identifizieren.

Diese Phasen sind auf die Automatisierung von Prozessen, also ihre Ausführung in einem Workflow- oder Business Process Management System (BPMS), ausgerichtet. Sie können aber ähnlich auf die Verwaltung von halb- oder nicht automatisierbaren Prozessen angewendet werden. Mendling (2009, S. 6) präzisiert die einzelnen Phasen und führt sie wie in der Abbildung2.3.1 dargestellt aus.

Die Analysephase (*analysis*) ist der Anfang des Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements (Mendling (2009, S. 5f)). Während der Analyse sollen sowohl die Prozessumgebung als auch die Organisationsstruktur des Unternehmens betrachtet werden. Am Ende dieser Phase steht ein Anforderungskatalog an die Prozesse, der z. B. Leistungskennzahlen und –Vereinbarungen beinhaltet.

In der Entwicklungsphase (*design*) werden die Anforderungen aus der Analysephase umgesetzt. Das Beinhaltet die Identifikation der Prozessaktivitäten und ihrer Reihenfolge, die Zuordnung der Ressourcen, die Definition der Organisationsstruktur sowie der Infrastruktur für die Prozessausführung. Diese Aspekte werden häufig in einem Geschäftsprozessmodell abgebildet. Das Modell kann entsprechend als Leitfaden und Diskussionsgrundlage während des Entwicklungsprozesses und, falls das Modell eine quantitative oder mathematische Grundlage aufweist, als Simulationsgrundlage dienen.

[9] Eine Übersicht der Ansätze bietet die Arbeit von Houy et al. (2010).

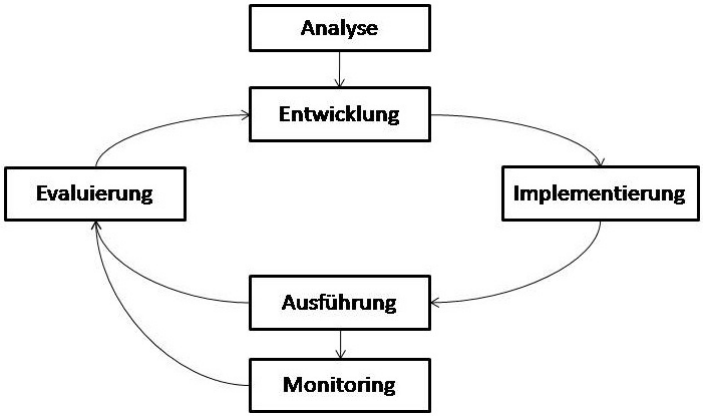


Abbildung 2.3.1.: Lifecycle des Geschäftsprozessmanagements (Mendling (2009, S. 5))

Auch für die Implementierungsphase (*implementation*) dient das Geschäftsprozessmodell als Input. In dieser Phase wird auch die Infrastruktur für die Prozessausführung fest gelegt. Das bedeutet, dass neben der technischen Umsetzung auch der Aufbau der Organisationsstruktur sowie die Qualifikation der Mitarbeiter gewährleistet werden müssen.

Nach dem Abschluss der Implementierung kann die Ausführung (*enactment*) des Prozesses erfolgen. Die Ausführung basiert auf der in der vorhergehenden Phase aufgebauten Infrastruktur und produziert prozessbezogene Informationen wie Durchlaufzeiten und Ressourceneinsatz. Diese Daten können in den nachfolgenden Phasen: Monitoring und Evaluierung als Input angewendet werden.

Monitoring (auch als Beobachtung oder Überwachung von Prozessen bezeichnet) wird kontinuierlich über die gesamte Phase der Ausführung betrieben. Ausführungsdaten werden hier gesammelt und in Echtzeit ausgewertet. So können Hinweise auf auftretende Engpässe oder Prozessfehler rechtzeitig erhalten werden.

In der Phase der Evaluierung (*evaluation*) werden die aggregierten Ausführungsdaten betrachtet. Die tatsächlichen Leistungsindikatoren werden mit den Anforderungen verglichen und Verbesserungspotenziale diskutiert. Diese werden zu Anforderungen und somit zum Input für die Phase der Analyse.

Der Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements zeigt deutlich, dass die die Dokumentation von Prozessen eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung, Analyse und Ausführung von Prozessen spielt.

2.3.3. Anforderungen an das Geschäftsprozessmanagement

Wie auch bei zahlreichen anderen Managementansätzen kann auch hier nicht von einem einheitlichen Vorgehen beim Geschäftsprozessmanagement gesprochen werden. Welche Methode und welche Werkzeuge zur Steigerung der Prozesseffektivität oder –Effizienz führen können, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Darunter sind Faktoren wie: Dauer und Umfang des Prozesses, Datenintensität und –Struktur sowie der Prozesstyp. Je nach Eigenschaften der vorliegenden Prozesse, muss das Vorgehen in jeder Phase des

Geschäftsprozessmanagements angepasst werden.

Der Managementansatz kann also u. a. von dem Typ eines Geschäftsprozesses abhängen. So können die nach Allweyer (2005) als strukturiert bezeichneten Prozesse detailliert beschrieben und automatisiert werden. Schwach strukturierte Prozesse, basieren hauptsächlich auf den Kenntnissen und Erfahrungen der Mitarbeiter und hängen stark von der aktuellen Ablaufsituation ab. Hier ist eine Automatisierung nur schwer möglich, da die Aktivitäten nur auf einer groben Ebene definiert werden können (Allweyer (2005, S. 69)). Aus diesem Grund soll der Entscheidungsspielraum der Mitarbeiter entsprechend weit gefasst sein. Um diese Prozesse trotz der niedrigen Detailtiefe der Beschreibungen der Prozessaktivitäten verwalten und messen zu können, ist es sinnvoll die zu erarbeiteten Ergebnisse und Regeln der Durchführung, Voraussetzungen und Anforderungen inklusive der Hilfsmitteln und Werkzeuge, die zur Durchführung des Prozesses gebraucht werden können, fest zu legen und zu beschreiben (Allweyer (2005, S. 69)). Für unstrukturierte Prozesse soll also neben einem (groben) Prozessmodell auch eine Methode im Sinne von Offermann et al. (2010) hinterlegt sein, die die Durchführung des Prozesses beschreibt.

Auch die Dauer und der Umfang eines Prozesses können Auswirkungen auf die Wahl des Managementansatzes haben. So sollten kurze und häufig durchgeführte Prozesse auf ihre Effizienz analysiert und entsprechend gestaltet werden. Hier bietet sich auch die Automatisierung dieser Prozesse an (Allweyer2005, S.70). Aufgrund der häufigen Wiederholungen können die Effizienzunterschiede bereits nach kurzer Zeit wirksam werden. Bei langen und umfangreichen Prozessen sind hingegen die Organisation und Koordination der Ausführung und der Beteiligten von Bedeutung. Hier spielen insbesondere die Überwachung des Ablaufs sowie die Verteilung und Bereitstellung von Informationen eine wichtige Rolle (Allweyer (2005, S. 69)).

Kennzeichnend für datenintensive Prozesse ist ihre Datenstruktur und -Erfassung. Die Herausforderung liegt meist darin, die Prozessdaten, die aus unterschiedlichen Quellen stammen können, einheitlich aufzubereiten, um sie entsprechend weiter zu verarbeiten. Um dies zu erreichen, ist die Anwendung von Informationssystemen mit einheitlich definierten Datenformat und –Struktur hilfreich. Bei datenintensiven Prozessen kann informationssystemgestützte Datenverarbeitung erfolgreich eingesetzt werden (Allweyer (2005, S. 70)). Dagegen kann die Durchführung von wissensintensiven Prozessen nur begrenzt durch den Einsatz von Informationssystemen unterstützt werden. Hier spielen die Mitarbeiter sowie ihre Qualifikationen und Erfahrungen eine wichtige Rolle. Auch hier basiert die Prozessdurchführung auf der zu Verfügung gestellten Information bzw. den Hilfsmitteln, die zur Informationsrecherche dienen (Allweyer (2005, S. 70)).

Der Ursprung des Prozessmanagements kann in der Erfassung und Automatisierung von stark strukturierten und datenintensiven Prozessen gesehen werden. Mit der wachsenden Komplexität der Prozesse entstehen immer mehr Ansätze, die das Management von umfangreichen, verteilten und wissensintensiven Prozessen in den Vordergrund stellen. Die Bereitstellung und Verwaltung von Informationen und Daten im Prozess stellen einen wichtigen Aspekt bei der Bestimmung des Managementansatzes dar. Für die Entwicklung einer Prozessmanagementstrategie ist es daher wichtig, die unterschiedlichen Prozesstypen, ihre jeweiligen Anforderungen an das Prozessmanagement und ihre gegenseitigen Wechselwirkungen zu berücksichtigen.

2.4. Geschäftsprozessanalyse

Um die Phase der Prozessdiagnose (van der Aalst et al. (2003)) bzw. -Entwicklung (zur Muehlen and Rosemann (2004)) des Geschäftsprozessmanagements durchführen zu können, ist eine Analyse der vorliegenden Geschäftsstrukturen, also nicht nur der Abläufe, notwendig. Um ein System analysieren zu können, müssen seine Eigenschaften zunächst verstanden und evaluiert werden. Dieses Vorgehen kann dabei helfen, die Problembereiche und –Quellen eines Prozesses zu identifizieren, um diese in neuen Prozessen zu vermeiden (Irani et al. (2001), Al-Mashari et al. (2001)). Dadurch kann zum einen die Auswirkung von Prozessveränderungen gemessen werden, zum anderen bietet das erworbene Prozesswissen Anhaltspunkte für die Entscheidungsfindung zur Prozesssteuerung und –Evaluierung. Dennoch wird der Begriff der Geschäftsprozessanalyse in unterschiedlichen Kontexten unterschiedlich breit definiert. Entsprechend werden auch diverse Instrumente wie Simulation, Diagnose, Verifikation sowie Leistungsanalyse (*performance management*) (Vergidis et al. (2008)) zu ihrer Durchführung eingesetzt.

Vergidis et al. (2008) liefert einen aktuellen Überblick über die Ansätze zu Geschäftsprozessanalyse und ihren Zusammenhang mit der Geschäftsprozessmodellierung. van der Aalst et al. (2003) beschreibt das Ziel der Prozessanalyse als die Erforschung von Prozesseigenschaften, die weder trivial noch offensichtlich sind. Boekhoudt et al. (2000) sehen die Notwendigkeit der Geschäftsprozessanalyse darin, die Prozesseigenschaften aufdecken, mögliche Flaschenhälse identifizieren und potenzielle Prozessalternativen vergleichen zu können. Dennoch erweist sich der Großteil der Methoden der Geschäftsprozessanalyse als subjektiv (Valiris and Glykas (1999)).

Zu den verbreiteten Methoden der Analyse gehören die Analyse der Prozessdarstellungen (Prozessmodelle) sowie die anschließende Analyse dieser Prozesse bezüglich ihrer Potenziale. Als die am besten für die Analyse geeigneten Modellierungstechniken werden von van der Aalst et al. (2003) und Boekhoudt et al. (2000) diejenigen Techniken identifiziert, die über eine formalisierte Semantik und eine mathematische Basis verfügen. Um Prozesse auf mögliche Potenziale oder Schwachstellen zu analysieren, haben Kettinger and Teng (1997, S. 64) u. A. folgende Techniken identifiziert:

- Prozesskostenrechnung,
- Benchmarking,
- Ishikawa-Diagramm (Ishikawa (1990)),
- Quality Function Deployment (Hauser and Clausing (1988)),
- Statistische Prozesskontrolle (Shewhart (1986)),
- (Leistungs-)Wertanalyse (Earned Value Analysis, Pisano (1996)).

Zur Prozessanalyse werden nach Kettinger and Teng (1997) also Techniken aus unterschiedlichen Bereichen wie: Marketing, Betriebskostenrechnung, Qualitätsmanagement, etc. herangezogen. Diese beinhalten meist eine qualitative Analyse der Geschäftsabläufe

und erfassen die quantitativen Aspekte im Rahmen der Leistungsanalyse. Die Auswahl einer bestimmten Technik bzw. einer Technikmenge hängt zum einen von dem Grund der Analyse zum anderen von dem Analysten selber ab.

Um jedoch Geschäftsprozesse in ihrem vollen Umfang analysieren zu können, werden entsprechend komplexere Analysetechniken als die qualitative Evaluierung von statischen Diagrammen gebraucht (Vergidis et al. (2008)). So wird die Notwendigkeit einer formellen Technik für die Analyse der Prozessmodelle insbesondere von Zakarian (2001) und Aguilar-Saven (2004) betont, um die Prozessmodellierung zu unterstützen und ihr mehr Gewicht zu verleihen. Diese Notwendigkeit ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt hinter der Entwicklung von formalisierten Prozessmodellen mit z. B. mathematischem Hintergrund. Durch die Anwendung der formellen Regeln, können z. B. Leistungsindikatoren zur Evaluierung der strategischen oder prozessbezogenen Zielerreichung (Lewis (1993)) identifiziert werden. Um dies jedoch zu ermöglichen, müssen sowohl die dynamischen als auch die funktionalen Aspekte des Prozesses berücksichtigt werden. Hierfür werden häufig die Techniken aus dem Operations Research angewendet (van der Aalst (1998), van der Aalst et al. (2003)).

Es gibt zahlreiche Ansätze, die beschreiben, unter welchen Aspekten und unter Einbeziehung welcher Instrumente eine Prozessanalyse statt finden kann. Zunächst kann zwischen observationsbasierten, simulations- und evaluationsbasierten Analyseansätzen unterschieden werden (Vergidis et al. (2008)). Die observationsbasierte Analyse benutzt Prozessdiagramme als Ausgangpunkt zur Veränderung und Anpassung von Geschäftsprozessen. Dieser Analysetypus erlaubt daher qualitative Aussagen über die statischen Modelle, die z. B. die Reduzierung von redundanten Aktivitäten, Schleifen, Mehrfachausführungen im Prozessablauf, etc. erlauben. So können Prozessaktivitäten kombiniert, parallelisiert und evtl. automatisiert werden. Dennoch kann dieser (klassische) Analyseansatz zeitaufwändig sein; zudem hängen die erzielten Ergebnisse stark von dem Modellierer und dem Analysten, die ihr Wissen häufig aus der Erfahrung in vorhergehenden Projekten schöpfen, ab.

Zur quantitativen (mathematischen) Analyse von Prozessen können folgende Ansätze im Kontext der Prozessautomatisierung, d. h. Workflows, identifiziert werden (van der Aalst (1998), van der Aalst et al. (2003)):

Validierung: das Testen des Prozessverhaltens im gegebenen Kontext;

Verifikation: das Feststellen der Korrektheit eines Prozesses, d.h. der Freiheit von logischen Fehlern;

Leistungsanalyse oder -Evaluation: Die Fähigkeit Anforderungen bezüglich der Prozessleistungskennzahlen wie Durchlaufzeiten, etc. zu erfüllen.

Die Validierung hat das Bewerten von dem Prozessverhalten im gegebenen Kontext zum Ziel, während die Verifikation kontextunabhängig ist und die Abläufe bezüglich ihrer logischen Strukturen überprüft. Die Leistungsanalyse beschreibt, analysiert und optimiert das dynamische, d. h. zeitabhängige, Verhalten des Systems. Validierung kann mithilfe einer Simulation erfolgen, die Verifikation und Leistungsanalyse erfordern hingegen komplexere Analyseverfahren (van der Aalst (2004)).

Li et al. (2004) stellen, basierend auf der Klassifikation von van der Aalst (2004), eine eigene Klassifikation von Analysetechniken auf. Sie gehen ebenfalls von einem Workflowmodell[10] aus und stellen die These auf, dass dieses auf drei Ebenen analysiert werden kann: der logischen, zeitlichen und leistungsbezogenen Ebene. Die logische Ebene konzentriert sich auf die Korrektheit der Prozessereignisse und stellt somit eine Ausprägung der Prozessverifikation dar. Die zeitliche Ebene betrachtet die zeitlichen Abhängigkeiten zwischen dem Workflowmodell und den aufgestellten Anforderungen. Während die logische und die zeitliche Ebenen die funktionale Korrektheit des Workflows betrachten, misst die leistungsbezogene Ebene die Fähigkeiten des Modells bezogen auf vorher bestimmte Indikatoren. Dadurch kann die Leistungsanalyse als ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu einer quantitativen Analyse betrachtet werden (Vergidis et al. (2008)).

Zwar ist eines der Ziele von Prozessmodellierungsnotationen als einem Teil der Prozessanalyse ein Prozess ausführbar und somit mit quantitativen Methoden auswertbar zu machen, wird in der Forschung lediglich die Simulation als eine Technik der quantitativen Analyse vorgeschlagen. Zusätzlich findet die Prozessleistungsanalyse zunehmend mithilfe von entsprechenden Anwendungssystemen wie Business Activity Monitoring und Business Intelligence statt. Hierbei werden Daten der automatisierten Prozessunterstützung gesammelt und (in Echtzeit) ausgewertet. Dabei werden die Ergebnisse in festgelegten Zeitabständen und in einer vorher bestimmten Form dem entsprechenden Prozessakteur überreicht.

2.4.1. Ziele der Prozessanalyse

Prozessanalyse wird häufig durchgeführt, um Problembereiche im Prozess zu identifizieren, diese auszuwerten und zu beheben. Diese Aspekte werden meist unter dem Oberbegriff der Prozessoptimierung zusammengefasst. Da die Prozessorientierung Geschäftsprozesse des Unternehmens als einen wichtigen Wettbewerbsfaktor betrachtet, stellen die Steigerung der Prozesseffizienz und –Qualität die motivatorischen Ansatzpunkte der Prozessanalyse dar. Das Ziel von einem Geschäftsprozess ist es, Mehrwert für den Kunden zu schaffen bzw. andere Prozesse in der Wertschöpfung zu unterstützen. Die Eigenschaft der Prozessqualität bzw. der Ergebnisqualität wird also von dieser Anforderung bestimmt. Die Qualität des Produktes und der Prozesse kann unter der Effektivität der Wertschöpfung zusammen gefasst werden. Effektivität misst den Zielerreichungsgrad, ist also das Verhältnis zwischen dem geplanten Ziel und dem tatsächlich erreichten Ziel (Harrington (1991, S. 123)). Wurde die gewünschte Wirkung erreicht, war das Vorgehen also effektiv. Die Effizienz bezeichnet dagegen das Verhältnis von Output-Einheit zu einer Input-Einheit. Damit können der Ressourceneinsatz der Prozesse und die entsprechende Verarbeitung evaluiert werden. Unter den wichtigsten Inputs für einen Prozess sind z.B.: Zeit, Kosten, materielle Ressourcen (Mitarbeiter, Räume, Geld, etc.) aber auch immaterielle Ressourcen wie Wissen und Information zu verstehen. Information stellt also einen wichtigen Faktor für die Ausführung der Prozesse dar (siehe auch Abschnitt 3.6). Als wichtige Inputgröße soll auch ihr Einsatz sichtbar und kontrollierbar gemacht werden

[10] Modell eines zu automatisierenden Prozesses.

können. Eine häufige Folge der Prozessanalyse ist die Einführung einer informationstechnischen Unterstützung der Abläufe durch ein betriebliches Anwendungssystem oder die Reorganisation der Ablauf- und Weisungsstrukturen.

Um die Effizienz und Effektivität von Prozessen erreichen zu können, können die potenziellen Problembereiche der Abläufe bestimmten Gruppen zugeordnet werden. Diese werden von Grupp (1987) und Frank et al. (2007, S. 170) wie folgt identifiziert (siehe Tabelle 2.6).

Grupp (1987)	Frank et al. (2007, S. 170)
Personalprobleme	Organisatorische Schwachstellen
Organisationsprobleme	Informationelle Schwachstellen
Terminprobleme	Technische Schwachstellen
Informationsprobleme	
Organisationsniveau und Führungsstil	

Tabelle 2.6.: Mögliche Bereiche für Effizienzsteigerung von Prozessen (Frank et al. (2007, S. 170))

Diese Problembereiche werden im Rahmen der prozessorientierten Analyse im Abschnitt 2.4.6 als Potenziale bezeichnet und im Weiteren näher erläutert. Im Kontext der Prozessoptimierung spielen die Prozesspotenziale eine wichtige Rolle, da gerade sie Anhaltspunkte für die Prozessverbesserung bieten.

Es gibt unterschiedliche Ansätze der Prozessoptimierung, die jeweils in Abhängigkeit der bestehenden Bedingungen verschiedene Ziele verfolgen und zu verschiedenen Auswirkungen führen. Diese reichen von der stetigen Verbesserung bestehender Prozesse (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess –KVP) bis hin zum abrupten und radikalen Umbau bzw. Neubau der Strukturen, ungeachtet der etablierten Abläufe (Business Process Reengineering – BPR nach Hammer and Champy (1993a)). Diese beiden Extreme bilden die Pole eines Kontinuums, innerhalb dessen sich mehr oder weniger radikale Herangehensweisen ansiedeln lassen (Aier and Schönherr (2007, S. 229)). Generell sollten Verbesserungsbestrebungen nur dann in die Tat umgesetzt werden, wenn sie sich messbar positiv auf die Prozesse auswirken, wenn also eine wesentliche Diskrepanz zwischen Ist- und Sollzustand besteht. Steht die Rationalisierung der Prozesse im Vordergrund, wird eher ein radikaler Ansatz gewählt, während die Stabilisierung bereits entwickelter Prozesse weniger investitionsintensive Verbesserungen aus dem Erfahrungsschatz der involvierten Mitarbeiter bewirkt (Becker (2008, S. 225)).

Bei der Durchführung der Prozessanalyse sollte berücksichtigt werden, dass ein ganzheitliches Prozessverständnis nur dann erreicht werden kann, wenn die herrschenden Regeln und internen Zusammenhänge in dem betrachteten System, also dem Prozess, verstanden sind. Um ein umfassendes Bild zu bekommen, ist das Verständnis der Logik und der Interrelationen der Elemente unabdingbar. So sind bereits weitere Ansätze entstanden, die zusätzliche Aspekte des Prozesses berücksichtigen und so zusammengenommen ein ganzheitliches Bild der Abläufe und der Verhaltensstrukturen erlauben. Diese werden im Laufe dieses Abschnittes sowie in den Abschnitten 3.1.4 (geschäftsregelorientierte

Analyse) und 3.4.2 (ereignisorientierte Analyse) beschrieben. Es muss jedoch angemerkt werden, dass jeder einzelne dieser Ansätze zeitintensiv ist; eine ganzheitliche Analyse unter der Berücksichtigung aller Ansätze kann also bereits an dem damit verbundenen zeitlichen Aufwand scheitern.

2.4.2. Allgemeines Vorgehen der Systemanalyse

Bei der Geschäftsprozessanalyse ist eine von Anfang an systematisch geplante Vorgehensweise der Schlüssel zum erfolgreichen Abschluss eines Analysevorhabens. Dazu gibt es unterschiedliche Ansätze, die im Weiteren vorgestellt werden, darunter auch die prozessorientierte Analyse. Aufgrund der ähnlichen Namensgebung soll an dieser Stelle deutlich herausgestellt werden, dass die prozessorientierte Analyse eine mögliche Herangehensweise, also ein Ansatz der Geschäftsprozessanalyse darstellt. Die allgemeine Herangehensweise der Geschäftsanalyse wird hier in Anlehnung an Frank et al. (2007) als Systemanalyse bezeichnet, wobei so eine systemische Sicht auf das Unternehmen bzw. auf den Prozess angenommen werden kann.

Die Systemanalyse findet häufig im Rahmen eines Projektes, also eines definierten Zeitraums mit definierten Ressourcen sowie im Kontext eines Untersuchungssystems, z.B. Unternehmens, statt. So sind für den Ablauf der Analyse zum einen die Techniken des Projektmanagements zum anderen jedoch auch die Einbindung der Untersuchungsumwelt (Partizipation) vor großer Bedeutung (siehe auch Frank et al. (2007)). Bei der Analyse eines Systems besteht der erste Schritt in der Erfassung und Modellierung des *Ist-Zustandes* (Meyer et al. (2005, S. 16)). Bei der anschließenden Analyse lassen sich unterschiedliche Methoden anwenden, die jeweils spezifische Schwerpunkte setzen. Es kommt auf den Untersuchungsgegenstand und das Untersuchungsziel an, welche Teilaspekte analysiert werden. Ein Prozess kann nicht aus einer einzelnen Sicht heraus charakterisiert werden. Es ist vielmehr das Zusammenspiel verschiedener Analysemethoden und Darstellungsweisen, die ein ganzheitliches Bild entstehen lassen (Group (2003)). Häufig ist es jedoch nicht möglich bzw. nicht sinnvoll alle Details einzubinden, weshalb die Wahl eines Ansatzes unerlässlich ist.

Das Vorgehensmodell zur Systemanalyse von Krallmann (Frank et al. (2007)) stellt ein allgemeines Vorgehen der Analyse im Rahmen eines Projektes dar. Das Vorgehen ist ein iterativer, heuristischer und rückgekoppelter Prozess, der aus fünf Hauptphasen (siehe Abbildung 2.4.1): Projektbegründung, Istanalyse, Sollkonzept, Entwicklung und Integration besteht. Das Vorgehen basiert auf der Partizipation der Mitarbeiter des Unternehmens und berücksichtigt die Techniken des Projektmanagements für seine Organisation und Verwaltung.

Die Phase der Analyse wird im Vorgehensmodell der Systemanalyse im Unternehmen nach (Krallmann bzw. Frank et al. (2007)) nach der Phase der Projektbegründung eingeordnet. Die Analyse der Prozesse zielt darauf ab, die internen und externen Zusammenhänge des Prozesses zu verstehen, so dass eine Aussage darüber gemacht werden kann wie das Prozessziel erreicht wird. Des Weiteren, werden hier der Betrachtungsraum im Bezug auf das behandelte Problem sowie die Ursachen seines Auftretens abgegrenzt. Zunächst werden also die Prozesselemente und ihre Beziehungen untereinander und nach außen,

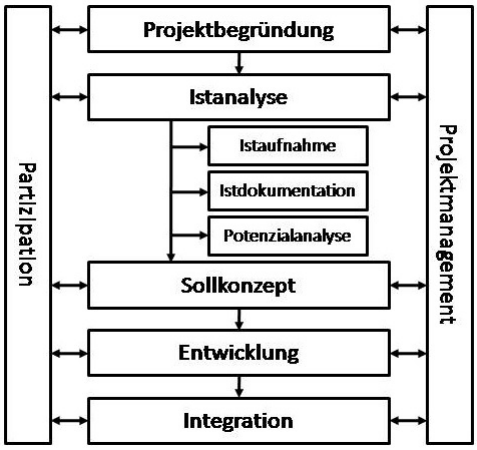


Abbildung 2.4.1.: Vorgehensmodell der Systemanalyse im Unternehmen (Frank et al. (2007, S. 136))

z. B. zu anderen Prozessen oder zu Elementen außerhalb des Unternehmens, aufgenommen. Prozessinitiierung sowie das Prozessziel und die entsprechenden Kenngrößen werden aufgenommen. Das erfordert zunächst Informationsakquise, um eine Auskunft über die Beteiligten und die Auswirkungen des Prozesses zu bekommen. Die Techniken, die hier angewendet werden, ähneln denen der Wissensexternalisierung wie sie im Abschnitt 3.1.5 zur Identifikation von Geschäftsregeln beschrieben werden. Anschließend müssen die gesammelten Informationen für die weitere Auswertung systematisiert werden. Mögliche Richtungen der Systematiken können z.B. die Prozesselemente, Prozesskennzahlen oder die in der Tabelle 2.6 beschriebenen Potenziale sein. Um Schlüsse über die Abläufe und Beziehungen sowie Problemursachen ziehen zu können, werden die erhobenen Informationen häufig z.B. in Prozess-, Daten-, Architektur- oder Rollendiagrammen visualisiert. Wird eine Prozessanalyse durchgeführt, um bestimmte Prozesskennzahlen zu beeinflussen, müssen die entsprechenden direkten und indirekten Einflussgrößen erhoben werden.

Bezogen auf das im Abschnitt 2.1.1 beschriebene Prozessmodell bedeutet die Potenzialanalyse die Überprüfung der Prozesselemente bezüglich jeweiliger Verbesserungsmöglichkeiten. Die erhobenen Potenziale werden anschließend im Rahmen des Sollkonzeptes bezogen auf die Fragestellung zusammengefasst und zu einem Konzept, das in den weiteren Phasen implementiert werden soll, weiter entwickelt.

Frank et al. (2007) teilen die Phase der Istanalyse in die Unterphasen: Istaufnahme, Istdokumentation und Potenzialanalyse auf. Im Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements wird diese Phase häufig ebenfalls in Analyse und Modellierung (bzw. Aufnahme, siehe Mendling (2009, S. 8f)) aufgeteilt. In der Phase der Istaufnahme werden, je nach dem Schwerpunkt der Analyse, Prozessattribute wie Organisations-, Daten- und Prozessstruktur erhoben und strukturiert dokumentiert, also modelliert. Die möglichen Schwerpunkte der Analyse werden im Weiteren erläutert.

Nach der Aufnahme und Dokumentation des Istzustands folgt die Unterphase der Po-

tenzialanalyse. Mögliche Potenzialbereiche sind in der Tabelle 2.6 aufgelistet. Basierend auf der Potenzialanalyse wird ein Sollkonzept, also ein optimiertes Modell des Untersuchungsgegenstandes, erstellt. Dieses führt zur Entwicklung des Lösungskonzeptes und seiner abschließenden Integration in das betrachtete System.

2.4.3. Datenorientierte Analyse

Die datenorientierte Analyse legt den Fokus auf die Datenstruktur und den Datenfluss innerhalb eines Prozesses[11] (Bodendorf (2006)). Das Ziel besteht in der „Spezifikation und Ableitung eines einheitlichen, aber grundsätzlichen Datenschemas“ (Schenk (2010, S. 316)). Dieses wird dazu genutzt, die Datenqualität auf einem hohen Niveau zu halten und die Datensicherheit bzw. den Datenschutz zu gewährleisten.

Die Rolle von Daten und Informationen im Unternehmen hat einen Wandel durchlaufen. Dienten Daten früher der Unterstützung des operativen Geschäfts, so füllen sie heute selbst ein Tätigkeitsfeld aus. Die Qualitätsanforderungen an Daten sind mit denen an Produkte vergleichbar. Auch hier werden Ziele wie Kundenzufriedenheit und sinkende Defektraten verfolgt. Der Nutzer als Kunde muss die Daten intuitiv verstehen und nutzen können. Gleichzeitig müssen Daten die reale Welt konsistent abbilden. Datenqualität kann über Qualitätsattribute ausgedrückt werden. Diese vereinigen Qualitätsparameter und -indikatoren, die den Daten zugeordnet werden. Erstere haben dabei einen qualitativen Charakter bei der Bewertung der Daten, beispielsweise hinsichtlich der Glaubwürdigkeit. Qualitätsindikatoren dagegen liefern quantitative Informationen, z.B. die Quelle oder das Erstellungsdatum (Wang et al. (1993, S. 670f)). Diese gilt es im Rahmen der Analyse zu erfassen und zu optimieren. Die Erfassung der Prozessdaten erfolgt aus der vorhandenen Dokumentation (Sekundärmethode, siehe auch 3.1.5) und ergänzend über die Befragung der im Prozess involvierten Mitarbeiter (Schwegmann and Laske (2000, S. 123f) sowie Abschnitt 3.1.5).

Die Darstellung der Datenstruktur erfolgt über Entity-Relationship-Diagramme (ERD). Diese Art der Visualisierung wird häufig beim Entwurf von Datenbanken verwendet und beschreibt ein System auf Typenebene (Bobrik and Trier (2007, S. 104)). Chen hat das Entity-Relationship-Modell (ERM), bestehend aus ERD, und Data Dictionary erstmals 1976 mit dem Ziel vorgestellt, unterschiedliche Darstellungsformen für Daten zu vereinheitlichen (Chen (1976, S. 9)). Das Modell orientiert sich relativ stark an der real existierenden Welt und beschreibt sie über miteinander in Beziehung stehende Objekte. Eine Entity, dargestellt als Rechteck, stellt ein dingliches Objekt dar und kann eine Person, einen Gegenstand oder ein Ereignis repräsentieren, während die Relationship, dargestellt als Raute, die Beziehung zwischen den Entities bildet. Attribute, dargestellt als Ovale, beschreiben Entities und dienen als Primärschlüssel der eindeutigen Identifizierung. Gleiche Entities und Relationships werden als Typen zusammengefasst (Chen (1976, S. 10f), Bobrik and Trier (2007, S. 104)). Die Analyse basiert auf den im ERM enthaltenen Informationen über die Entities und Relationships. Daten können jedoch dar-

[11] Unter Daten werden strukturierte, isolierte, kontextunabhängige Einzelsymbole mit geringer Verhaltenssteuerung verstanden. Sobald Daten eine Bedeutung zugeordnet wird, können sie als Informationen angesehen werden (Bodendorf 2006, S. 2). Siehe dazu auch Abschnitt 3.6.

über hinausgehen und erfordern eine verstärkte Betrachtung der erforderlichen Qualität (Wang et al. (1993, S. 672)). Darüber hinaus bildet das ERM statische Zusammenhänge ab und ist deshalb nicht geeignet, wenn es darum geht, dynamische Geschäftsprozesse abzubilden (Bobrik and Trier (2007, S. 105)). Die Sicht beschränkt sich auf den Daten- bzw. Informationsfluss. Ein ERM erlaubt keine explizite Modellierung von Ereignissen, Bedingungen oder Tätigkeiten (Herbst et al. (1994, S. 29)). Eine ganzheitliche Prozessanalyse ist also nicht möglich. Die Datenperspektive kann in Verbindung mit anderen Analysesichten jedoch zu aufschlussreichen Ergebnisse führen.

2.4.4. Funktionsorientierte Analyse

Die funktionsorientierte Sicht auf ein System zerlegt einen Prozess in Funktionen, also auszuführende Tätigkeiten, und passive Bearbeitungsobjekte, wie z.B. Daten, die nach Durchlaufen einer Tätigkeit eine Veränderung erfahren (Hänsch and Endig (2010, S. 241)). Die Objekte haben lediglich eine untergeordnete Bedeutung, die Aufbaulogik eines Prozesses ist primär funktionsbasiert. Dies steht im Konflikt zur Ablauforientierung eines auf die Kundenwünsche ausgerichteten Prozesses. Es werden zwar abgeschlossene Tätigkeitsbereiche beschrieben und die verantwortlichen Rollen definiert, der Zusammenhang wird jedoch nicht oder lediglich unzureichend betrachtet. Hänsch and Endig (2010) sprechen daher auch im Extremfall von „Insellösungen“ (Hänsch and Endig (2010, S. 241)) die in der Praxis kontraproduktiv wirken. Wilhelm verweist bei einer reinen Funktionsbetrachtung auf „geistige Mauern“ oder gar „Ressortegoismus“ (Wilhelm (2007, S. 13)), da Vorgänge an den Schnittstellen zwischen den Verantwortungsbereichen mit Informationsverlusten unterbrochen werden. Schmelzer und Sesselmann stellen fest, dass die Einbettung von Geschäftsprozessen in eine funktonal aufgebaute Organisation wirkungslos bleibt (Schmelzer and Sesselmann (2006, S. 241)).

Dadurch, dass die funktionsorientierte Sicht sich stark nach der Aufbauorganisation richtet, wird auch hier nur ein statischer Teilaspekt betrachtet und eine ganzheitliche Analyse des dynamischen Prozesses erscheint schwierig. Liegt der Fokus der Analyse z. B. jedoch im Produktionsbereich auf der optimalen Ressourcennutzung, kann die Betrachtung der Funktionen Optimierungspotenziale aufdecken. Eine hierfür häufig verwendete Darstellungsform ist der Funktionsbaum. Die Funktionen werden dabei als Ovale modelliert und in ihrer logischen Reihenfolge vertikal angeordnet. Funktionsorientierte Analysen konzentrieren sich auf einzelne Funktionen innerhalb eines Unternehmens entlang der Aufbauorganisation. Verbesserungspotenziale werden innerhalb der Funktionseinheiten gesucht und ausgeschöpft, ohne jedoch Zusammenhänge zwischen einzelnen Funktionen herzustellen.

2.4.5. Objektorientierte Analyse

Die objektorientierte Sicht betrachtet ein System als Organisation von Objekten. Diese weisen bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen auf, die unabhängig vom prozeduralen Verlauf eines Prozesses identifiziert und charakterisiert werden. Jedem Objekt werden Name, Zustand (statisch) und Verhalten (dynamisch) zugeordnet. Diese werden

in Form von Klassen dokumentiert (Stantchev (2007, S. 298)). Im Gegensatz zu den bereits vorgestellten Analyseansätzen werden bei der objektorientierten Analyse Funktionen und Daten gleichberechtigt erfasst. Sie bilden eine Einheit zur Beschreibung von Objekten (Hänsch and Endig (2010, S. 241)).

Der objektorientierte Ansatz wird als Modellierungsansatz zur Beschreibung des Anwendungsbereichs verstanden. Die scharfe Trennung von statischen und dynamischen Aspekten, so wie sie bei der daten- oder der funktionsorientierten Analyse vorliegt, zum Teil aufgehoben (Staud (2006, S. 309f)). Basierend auf diesem Ansatz ist die Modellierungssprache Unified Modelling Language (UML) entstanden, die unter anderem Konzepte zur Abbildung von Geschäftsprozessen enthält und sich in der objektorientierten Softwareentwicklung als Standard etabliert hat (Allweyer (2009, S. 9)).

UML ermöglicht sowohl die statische als auch die dynamische Betrachtung eines Objektes (Hänsch and Endig (2010, S. 251)). Das Attribut ist das bestimmende Beschreibungsmerkmal eines Objekts im Hinblick auf seine statischen Eigenschaften. Dynamisches Verhalten wird durch sog. Methoden abgebildet (Staud (2006, S. 314)). Für Geschäftsprozesse sind die Darstellungsformen „Anwendungsfalldiagramm“ (*use case diagram*) und „Aktivitätendiagramm“ (*activity diagram*) relevant. Hiermit wird das Verhalten modelliert, der dynamische Aspekt steht also im Fokus.

Beim Anwendungsfalldiagramm werden unterschiedliche Anwendungsfälle aus Sicht der Nutzer modelliert. Ein Anwendungsfall wird über die „Menge von zusammengehörigen Aktivitäten eines Systems [...] [beschrieben], wobei eine Aktivität zu mindestens einem wahrnehmbaren Ergebnis für die Akteure führen muss“ (Hänsch and Endig (2010, S. 252f)). Die Darstellung erfolgt in textbasiert, die Diagrammsprache dient zur Darstellung der Zusammenhänge, und ist damit zwar ausführlich aber nicht immer übersichtlich. Deshalb bieten sich Aktivitätendiagramme an, um Aktivitäten und Abläufe innerhalb von Geschäftsprozessen abzubilden (Hänsch and Endig (2010, S. 254)). Auch hier steht die allgemeine Beschreibung wichtiger Zusammenhänge aus Anwendersicht im Fokus.

Geschäftsprozesse gehen jedoch über das hinaus, was aus Objektsicht als System bezeichnet wird, da sie nicht ausschließlich softwareunterstützt ausgeführt werden (Odell and Martin (1999, S. 27)). In der Praxis der Geschäftsprozessmodellierung konnten sich beide Darstellungsarten nicht etablieren (Allweyer (2009, S. 9)). Staud (2006) merkt an, dass Anwendungsfälle nicht geeignet sind Geschäftsprozesse zu modellieren, da sie der inneren Struktur zu wenig Beachtung schenken (Staud (2006, S. 464)). Basierend darauf kann also keine Analyse stattfinden, die eine ganzheitliche Betrachtung der Prozessabläufe als Primärziel verfolgt.

Die objektorientierte Sicht vereinigt also Elemente der Daten- und Funktionsorientierung. Ein Unternehmen wird als System von Objekten mit bestimmten Eigenschaften und Verhaltensweisen betrachtet. Problematisch dabei ist, dass nicht alle Aspekte eines Geschäftsprozesses in Objektform abgebildet werden können.

2.4.6. Prozessorientierte Analyse

Bei dieser Form der Analyse wird der Fokus auf relevante Funktionalitäten bzw. Prozesse innerhalb eines Unternehmens gelegt (Schenk (2010, S. 320)). Im Gegensatz zur

objektorientierten Analyse besteht hier primär das Ziel in der System- und nicht in der Softwareentwicklung. Auch hier werden primär die Funktionen betrachtet und in Teilschritte zerlegt. Die Besonderheit liegt jedoch darin, dass den Funktionen die dazugehörigen Inhalte zugeordnet und die Schnittstellen zwischen den Funktionen explizit herausgearbeitet werden (Schenk (2010, S. 247)). Die statische Darstellung erfolgt mittels eines Flussdiagramms, das durch Erweiterung um monetäre bzw. umweltrelevante Größen die Form eines Wertfluss- bzw. Ressourcenflussdiagramms annehmen kann. Die dynamische Darstellung ist klar von der statischen getrennt und baut auf ihren Vorgaben auf. Es wird als Zustandsdiagramm bezeichnet und kann zur Simulation oder zur Echtzeitsteuerung verwendet werden (Meyer et al. (2005, S. 7)).

Die Analyse verlagert somit den Betrachtungsschwerpunkt von einer reinen Aufbauorganisation hin zur Ablauforganisation und es findet eine Prozessausrichtung statt. Abläufe und Wechselwirkungen werden in Prozessketten abgebildet (Schenk (2010, S. 41)). Für die Prozessbetrachtung ist der dynamische Aspekt bedeutend. Die prozessorientierte Modellierung „definiert das zeitbezogene Prozessverhalten durch Zustände und Zustandsübergänge“ (Meyer et al. (2005, S. 11)). Vor allem im Bereich der Produktion und generell im Bereich hoher Automatisierung kann die Analyse mit Prozessorientierung bei der Planung von Anlagen oder der Optimierung bestehender Linien verwendet werden. Bei Prozessen mit Kundenkontakt im Dienstleistungs- bzw. Service-Bereich wird das „Service-Blueprinting“ (Benkenstein and Stenglin (2005, S. 58)) zur Strukturierung und Visualisierung eines Prozessvorgangs aus Kundensicht angewandt. Häufig erfolgt dabei eine Aufteilung der Prozessabläufe entlang verschiedener Trennlinien, beispielsweise der „Line of Visibility“, die den Prozess in Aktivitäten aufteilt, die den Kunden mit einbeziehen und solche, die er nicht wahrnimmt (Benkenstein and Stenglin (2005, S. 58)).

Dadurch bilden sich unterschiedliche Prozessebenen und -Hierarchien heraus, die z.B. Abteilungsgrenzen und –Detaillierungsebenen übergreifen. Die Darstellung erfolgt statisch über Wertfluss- oder Ressourcendiagramme oder dynamisch über Simulationsmodelle. Mehrere Prozessebenen innerhalb eines Unternehmens können in einer Prozesslandkarte zusammengefasst werden.

Vor allem im Bereich des Qualitätsmanagements bzw. -controllings lassen sich daraus Schlüsse über Optimierungsmöglichkeiten im Service ziehen. Eine Aussage über die Geschäftslogik hinter den Prozessen wird hier jedoch nicht getroffen. Die prozessorientierte Analyse wird überwiegend im Produktionsbereich oder in Bereichen hoher Automatisierung angewendet, um das Zusammenspiel verschiedener Elemente zu optimieren. Bei der Analyse eines Geschäftsprozesses, der mehrere Prozesse in sich vereint, können die Modelle jedoch zu unübersichtlich werden. Des Weiteren werden die Schnittstellen zwischen einzelnen Prozessen nicht intensiv betrachtet.

2.4.7. Geschäftsregelorientierte Analyse

Die geschäftsregelorientierte Analyse betrachtet die Logik der Prozessabläufe. Die Betrachtung der Geschäftsregeln als Teil der Systemanalyse dient der Effizienzsteigerung bei der Erfassung relevanter Anforderungen und Faktoren eines Systems und trägt entscheidend zur Lösung einer gegebenen Problemstellung bei (Levina (2009)). Die Geschäftslogik

dient beispielsweise als Bezugspunkt zur Optimierung des Steuerungs- und Datenflusses aber auch der Ressourcenallokation (Goedertier et al. (2008, S. 194)).

Bei der Prozessmodellierung sind Geschäftsregeln häufig nicht explizit dargestellt. Das explizite Ausformulieren und Dokumentieren von Geschäftsregeln fördert jedoch nicht nur das Verständnis eines Vorgangs. Die bewusste Trennung von Geschäftslogik und Prozesswelt ermöglicht außerdem schnellere und flexiblere Änderungen bzw. Anpassungen als Reaktion auf sich ständig wandelnde Umweltbedingungen (Goedertier et al. (2008, S. 195)). Dazu werden Geschäftsregeln innerhalb eines Prozessmodells als eigenständige Objekte definiert und implementiert. Dadurch soll Transparenz geschaffen und fachlichen Missverständnissen vorgebeugt werden. Es gelten stets alle Geschäftsregeln gleichzeitig. Es ist Teil der Modelloptimierung, dass je nach Situation die jeweils relevanten Regeln auf Konsistenz und Konfliktfreiheit geprüft werden (Schacher and Grässle (2006, S. 25)). Mögliche Quellen zur Extraktion von Geschäftsregeln können primär die Prozessdokumentation oder ein gegebener Quellcode darstellen. Auch Sekundärquellen wie internes Mitarbeiterwissen aber auch offensichtliche Regelungen, wie z.B. Standards, rechtliche Einschränkungen oder etablierte *best practices* geben entscheidende Hinweise auf die Geschäftslogik eines Unternehmens. Vor allem an denjenigen Stellen im Prozess, wo eine Entscheidung gefällt werden muss, können Geschäftsregeln extrahiert werden (Levina et al. (2010a)).

Geschäftsregeln werden deklarativ und gleichzeitig in natürlicher Sprache formuliert. Dies leistet einen Beitrag dazu, eine Brücke zwischen der fachlichen und der informationstechnischen Sicht auf Prozessabläufe zu schlagen (Levina (2009)). Denn beide können nicht autark existieren, wenn die Informationstechnologie wirtschaftliche Vorgänge optimal unterstützen soll. Geschäftsregeln begründen also ein gemeinsames Verständnis der Prozesse und erleichtern die Kommunikation. Das Vorgehen zur geschäftsregelorientierten Analyse wird im Abschnitt 3.2 vorgestellt und erläutert.

2.4.8. Netzwerkorientierte Systemanalyse

Die netzwerkorientierte Systemanalyse (Trier (2007)) basiert auf der prozessorientierten Systemanalyse nach Krallmann (Frank et al. (2007)) und erweitert diese um die Aspekte des Wissensmanagements wie die Betrachtung der Kommunikations- und Kollaborationsbeziehungen im Unternehmen. Werden diese elektronisch erfasst, kann die zugrunde liegende Netzwerkstruktur IT-gestützt dargestellt und analysiert werden. So können im Rahmen des Wissensmanagements Personen, die relevant für den Wissensaustausch im Unternehmen sind, identifiziert werden bzw. diejenigen Akteure erfasst werden, die in die Gemeinschaft stärker eingebunden werden müssen.

Die netzwerkbasierte Sicht auf das Wissensmanagement gründet auf der Organisationsforschung und der Sozialen Netzwerkanalyse. Dabei wird das Unternehmen als ein soziales System betrachtet, das auf einer aufeinander bezogenen Kommunikation basiert.

Die netzwerkorientierte Systemanalyse kann IT-unterstützt durchgeführt werden. Dies ist aufgrund der häufig sehr großen Datenmenge notwendig; zudem werden in der Graphendarstellung, die durch die Datenauswertung ermöglicht wird, strukturelle Zusammenhänge zwischen den Prozessakteuren sichtbar. Die resultierenden Aussagen beziehen

sich sowohl auf statische als auch auf dynamische Zusammenhänge und können zudem mit präzisen Messungen quantitativ unterstützt sowie mit statistischen Methoden ergänzt werden.

Die Analyse kann aber auch ohne IT-Unterstützung durchgeführt werden. Die Methodik der netzwerkorientierten Systemanalyse im Wissensmanagement besteht aus den folgenden fünf Phasen (Trier (2007)):

- Projektbegründung
- Auswahl des relevanten Netzwerks
- Datenerhebung und –Aufbereitung
- Visualisierung und Analyse
- Maßnahmenplanung

Diese Phasen entsprechen dem Vorgehensmodell der prozessorientierten Systemanalyse (Frank et al. (2007)), sie können jedoch begleitend zu dieser oder als ein eigenständiges Projekt durchgeführt werden. In dem in dieser Arbeit betrachteten Kontext ist insbesondere die Phase der Visualisierung und Analyse der Wissensnetzwerke im Unternehmen interessant. Die Analyse kann dabei entlang von zwei Dimensionen stattfinden. Die deskriptive Dimension beinhaltet die Ausprägungen der statischen und dynamischen Strukturanalyse, die explorative Dimension beinhaltet die Ausprägungen der statischen und dynamischen Inhaltsanalyse. Die Klassifizierung der verwendeten Analyseansätze kann ebenfalls zum einen an der zeitlichen und zum anderen an der kommunikationsorientierten Dimension erfolgen. (Trier (2007))

Die eigentliche Netzwerkanalyse läuft in mehreren Phasen ab. Zunächst wird die Struktur anhand der netzwerkspezifischen Kennzahlen, die der Sozialen Netzwerkanalyse entnommen werden, herausgearbeitet. Diese Kennzahlen können in rein strukturell und sozial-strukturell unterschieden werden. Die rein strukturellen Kennzahlen beschreiben das Netzwerk in seinen allgemeinen Eigenschaften wie die Größe, Durchmesser und Dichte; die sozial-strukturellen Kennzahlen machen eine Aussage über den sozialen Stand von Akteuren oder Gruppen von Akteuren im Netzwerk. Die letzten Aussagen basieren häufig auf den Zentralitätsmaßen (*centrality*) im Netzwerk[12]. (Trier (2007))

Neben der Analyse des gesamten Netzwerks kann auch eine akteursorientierte Analyse durchgeführt werden. Hier werden die einzelnen Knoten betrachtet und ihre Position und Eigenschaften im Netzwerk mithilfe der sozial-strukturellen Kennzahlen wie z.B. Zentralität, Reichweite oder Eingebundenheit in Gruppen bestimmt und ihr soziales Kapital daraus abgeleitet. Die Bildung der Rangfolge von Knoten kann auch dabei helfen auffällige Akteure oder Strukturen im Netzwerk zu identifizieren. Der Einfluss des Knotens auf ein Netzwerk kann mithilfe der Zentralitätsmassen aus der Sozialen Netzwerkanalyse abgeleitet werden. (Trier (2007))

Die statische Netzwerkanalyse geht davon aus, dass die Beziehungen zwischen den Akteuren vollständig ausgebildet sind und in dieser Form auch erhalten bleiben. Die dynamische Netzwerkanalyse untersucht dagegen die zeitliche Entwicklung des Netzwerks. Hier lassen sich weiterhin zwei weitere Vorgehensweisen unterscheiden: die kumulative und die zeitfensterbasierte dynamische Netzwerkanalyse. Bei der kumulativen dynami-

[12] Zur Begriffsdefinition siehe Abschnitt 4.

schen Netzwerkanalyse wird aus den Kommunikations- und Kollaborationsbeziehungen ein Gesamtnetzwerk schrittweise gebildet. Durch diese Vorgehensweise kann das Entstehen von einem Netzwerk in seiner kausalen Form untersucht und die Beziehungsevaluation nachverfolgt werden. Werden die Netzwerkaktivitäten lediglich in einem bestimmten Zeitfenster (*sliding window*) analysiert, wird von einer zeitfensterbasierten dynamischen Netzwerkanalyse gesprochen. Je nach Analyseziel bzw. Datensatz wird der Zeitrahmen über den gesamten Untersuchungsraum verschoben. Der Schwerpunkt der statischen Analyse liegt also auf der Bestimmung der Position eines Akteurs in seinem (Netzwerk-) Umfeld, während die dynamische Strukturanalyse die Entwicklung eines Netzwerks zu seinem aktuellen Zustand betrachtet. Dabei werden also nur die strukturellen Elemente bzw. Ursachen für die Strukturänderung erfasst. Die Ursachen für diese Strukturen in diesem Kontext werden dadurch jedoch ohne eine weitere inhaltliche Analyse nicht ersichtlich. (Trier (2007))

Die Strukturanalyse eines Netzwerks kann als Grundlage für die anschließende inhaltliche Analyse der Beziehungen im Netzwerk betrachtet werden. Hierzu werden z. B. wichtige Ereignisse im Unternehmen bzw. im betrachteten Kontext mit den Auffälligkeiten bei den Netzwerkstrukturen verglichen. Die Analyse der Kommunikations- und Kollaborationsinhalte liefert die Gründe für die Strukturausprägungen im Netzwerk. Zur Durchführung dieser Analyse können Data Mining (siehe z.B. Francisci et al. (1998)) und thematische Clusterbildung (*content-based clustering*) von Bobrik and Trier (2009) eingesetzt werden. So können die impliziten Informationen aus den Wissensquellen extrahiert und explizit gemacht werden.

2.4.9. Ansätze zur quantitativen Geschäftsprozessanalyse

Die quantitative Geschäftsprozessanalyse wie sie von van der Aalst and Weske (2001) und Vergidis et al. (2008) zusammengefasst wird, geht von einem validierten und verifizierten Geschäftsprozessmodell aus, betrachtet seine Leistungsgrößen und bewertet die Effizienz des Geschäftsprozesses mithilfe von statistischen Verfahren. Das Ziel dabei ist es, die Effizienz eines Systems z.B. eines Geschäftsprozesses zu messen. Dafür werden häufig zeit-, kosten- oder qualitätsbezogene Kennzahlen definiert, gemessen und ausgewertet.

Diese Analyse kann basierend auf der durch die Automatisierung der Prozessausführung entstandenen elektronischen Daten, die dem Prozessfluss und den Prozesselementen zugeordnet werden können, durchgeführt werden. Diese Daten stammen vor allem aus den Workflowmanagement (WfMS)- und Business Process Management Systemen (BPMS). So werden auch weitere leistungsmessende Systeme wie Business Intelligence (BI) Systeme an die betrieblichen Anwendungssysteme angebunden, somit können sie auf die Prozess- und die prozessunterstützende Daten zugreifen. Diese werden gefiltert, gespeichert und analysiert. Durch diese historische Datenanalyse können Trends in Prozessabläufen aufgezeigt und rechtzeitig aufgegriffen werden. Zunehmend ist zudem das Bestreben der Hersteller und Anwender zu beobachten, Prozessdaten in Echtzeit aufnehmen und auswerten zu können. Dieser Ansatz der Prozessevaluierung in Echtzeit führt zu einer Erweiterung des klassischen Geschäftsprozessmanagements zu dem s.g. Event-Driven Business Process Management (ED-BPM) bzw. der Umsetzung von Prozessen

durch eine Ereignisgesteuerte Architektur (Event-Driven Architecture, EDA), einer ereignisbasierten softwaretechnischen Lösung der Prozessunterstützung. Hier werden alle Statusänderungen der relevanten Geschäftsobjekte bzw. Prozesselemente beobachtet und im Falle einer für den Prozess als wesentlich eingestuften Änderung eine entsprechende Reaktion eingeleitet. Sowohl die BI-Technologien, die die historischen Prozessdaten zur Analyse und Vorhersage verwenden, als auch die Unterstützung der Prozesse in Echtzeit wie bei ED-BPM und EDA, können Informationen bezüglich der Prozessabläufe und der Zustandsänderung bestimmter Objekte zur Verfügung stellen, es ist jedoch schwer daraus Hinweise über die zukünftige Abwicklung von Geschäftsprozessen bzw. ihre weitere Gestaltung abzuleiten.

Ein datenorientierter Ansatz der Prozessanalyse wird aktuell verstärkt von van der Aalst and Weijters (2004) verfolgt. Die Daten aus den Prozessunterstützungssystemen wie WfMS werden gesammelt und mit analytischen Verfahren des Data Mining gefiltert (siehe z.B. Baron et al. (2003)). So kann z.B. die aktuelle Prozessausführung mit dem ursprünglichen Prozessmodell verglichen und die Abweichungen können anschließend analysiert werden. Zunehmend werden bei diesem Ansatz auch die organisatorischen Aspekte verfolgt. So können Organisationseinheiten durch Clusteringverfahren aus den Prozessdaten ermittelt werden (Reijers et al. (2009)). Dieses Verfahren, das s. g. Data Mining, kann also den Bereichen der Prozessverifikation und –Validierung zugeordnet werden, da sie die funktionelle Richtigkeit des Modells, also seine logischen und temporellen Strukturen, betrachten.

Sowohl die historische bzw. Echtzeitanalyse der Prozesse als auch der Soll-Ist-Vergleich aus den tatsächlichen Prozessdaten, der bei dem Process Mining im Mittelpunkt steht, erlauben einen Aufschluss über die Kommunikations- bzw. Informationsstrukturen des Prozesses. In dieser Arbeit wird jedoch die quantitative Analyse nicht als eine Analyse der Effizienz des Prozesses betrachtet, sondern als eine formalisierte Identifikation seiner Verhaltenseigenschaften, die durch ihre Quantifizierung objektiv und ohne eine tiefere Prozesskenntnis durchgeführt werden kann. Weitere bestehende Forschungsansätze zur quantitativen Analyse von Geschäftsprozessmodellen werden in den Abschnitten 4.6 und 6.2 vorgestellt und diskutiert.

Die oben beschriebene netzwerkorientierte Analyse (Trier (2007)) betrachtet die Kommunikations - und Kollaborationsbeziehungen zwischen den Akteuren im Prozess und erweitert somit die Prozessorientierung um den Aspekt des Wissensmanagements. Die Grundlage für diese Analyseart bildet die elektronische Erfassung dieser Kommunikation. Für den Analysten bedeutet das, dass der Analysefokus auf die Interaktion zwischen den Prozessakteuren gelegt wird. Die Prozessabläufe werden hierbei nicht berücksichtigt. Um den Informationsaustausch zwischen den Prozessaktivitäten widerspiegeln zu können, müssen die von den Prozessaktivitäten produzierten Ereignisse, die zusammen mit den Geschäftsregeln das Prozessverhalten widerspiegeln, betrachtet werden. Diese Art der Analyse wird hier als *ereignisorientierte* Prozessanalyse im Abschnitt 3.4.2 eingeführt und beschrieben. Sie eignet sich insbesondere dafür, die Informationsstrukturen in Prozessen beleuchten und steuern zu können. Der Fokus auf die Ereignis- und Geschäftsregelorientierung kann das Geschäftsprozessmanagement dabei unterstützen, ereignisorientierte Technologien oder Ansätze in die Prozesse zu integrieren.

2.5. Modellierung von Geschäftsprozessen

Um Prozesse analysieren und verstehen zu können, müssen diese erhoben und dokumentiert werden (siehe Frank et al. (2007)). Auch Aspekte wie Compliance und Governance in der Prozess- und IT-Architektur eines Unternehmens bauen auf der korrekten Abbildung der Realität, um die entsprechende Steuerung durchsetzen zu können (Allweyer (2009, S. 8)). Prozessmodellierung spielt jedoch auch bei der Prozessentwicklung eine wichtige Rolle und kann somit auch in der Phase des Sollkonzepts bzw. der Informationssystementwicklung eingesetzt werden. So kann die Automatisierung von Geschäftsprozessen nur basierend auf Geschäftsprozessmodellen bzw. auf formellen Beschreibungen erfolgen.

Ein *Modell* ist eine Abbildung der Realität und besitzt drei wesentliche Merkmale (Trier et al. (2007)). Es ist eine abbildende, verkürzende und pragmatische Darstellung der Realität (Stachowiak (1973, S. 131)). Das Abbildungsmerkmal verdeutlicht, dass das Modell eine Abbildung des Originals, das selbst ein Modell sein kann, ist. Dabei kann zwischen isomorphen (strukturgleichen) und homomorphen (strukturähnlichen) Abbildungen unterschieden werden. In isomorphen Abbildungen sind alle Elemente des Originals sowie alle zwischen ihnen bestehenden Relationen zu finden- die Struktur des Originals und des Abbilds sind somit gleich. Bei homomorphen Abbildungen sind nicht alle Elemente und Relationen abgebildet. Das Modell und das Original weisen somit nur eine strukturelle Ähnlichkeit auf (Trier et al. (2007, S. 71f)). Das Verkürzungsmerkmal verdeutlicht, dass die Eigenschaften des Originals durch das Modell nicht vollständig erfasst sind, sondern nur diejenigen Eigenschaften abgebildet werden, die für den Modellbildner bzw. für den Modellnutzer relevant sind. Das Modell wird von einem bestimmten Original zu einem bestimmten Zweck für einen bestimmten Nutzer bzw. Nutzerkreis erstellt. Die Berücksichtigung dieser Aspekte findet sich in dem pragmatischen Merkmal eines Modells wieder. (Trier et al. (2007, S. 72f))

2.5.1. Aspekte der Modellerstellung

Aus den vorher gehenden Erläuterungen wird deutlich, dass das Modell bzw. sein Inhalt sehr von der subjektiven Einstellung und Ziel des Modellierers abhängt. Die Erstellung eines Modells soll aus diesem Grund bestimmten Regeln oder Richtlinien entsprechen. Die Richtlinien zur Modellierung von Geschäftsprozessen nach Mendling et al. (2010) beinhalten daher sechs Prinzipien, die den subjektiven Aspekt bei der Modellierung auffangen sollen: Korrektheit, Relevanz und wirtschaftliche Effizienz sowie Klarheit, Vergleichbarkeit und systematische Entwicklung. Die drei ersten Prinzipien (Korrektheit, Relevanz und wirtschaftliche Effizienz) sind dabei notwendige Bedingungen für qualitativ wertige Modelle, die übrigen (Klarheit, Vergleichbarkeit und systematische Entwicklung) sind jedoch optional.

Unter Korrektheit eines Modells wird verstanden, dass das Modell syntaktisch, also in der Anwendung einer bestimmten Darstellungsmethode, und semantisch, d.h. das Modell soll die Realität konsistent und wahrheitsgemäß abbilden, sein muss. Relevanz bezieht sich auf die Detailebene der Modellierung. Für das Modell bedeutet es, dass es vollständig (Mendling (2009, S. 46)) sein muss. Das Kriterium der wirtschaftlichen

Effizienz beschränkt die Geltung der beiden ersten Kriterien. So kann auf eine umfassende Darstellungstiefe verzichtet werden, wenn die entsprechende Informationsbeschaffung kostenintensiv ist. Die Anforderung der Klarheit an ein Modell ist subjektiv gefärbt. Damit ist aber gemeint, dass das Modell vom Benutzer in seiner inhaltlichen Aussage erfasst und verstanden werden soll.

Vergleichbarkeit von Modellen erfordert eine konsistente Anwendung der Richtlinien innerhalb des gesamten Modellierungsprozesses. Das beinhaltet sowohl die Syntax der gewählten Notation als auch den Gebrauch eines einheitlichen Vokabulars bei der Benennung von abgebildeten Objekten. Systematische Entwicklung impliziert den Unterschied der Modellierungssichten (z.B. Daten, Organisations- oder Prozesssichten) und ihre anschließende Integration.

Der Prozess der Modellierung beinhaltet zunächst die Auswahl der Modellierungssprache und –Methode (Mendling (2009, S. 8)). Die Modellierungssprache wird durch die Komponenten: Syntax, Semantik und Notation bestimmt. Die *Syntax*, oder die Grammatik der Modellierung, beinhaltet die Konstrukte der Modellierungssprache und die Regeln für ihre Anwendung und Kombination. Die Semantik beschreibt die Bedeutung hinter den Konstrukten und ihrer Kombination; die Notation einer Modellierungssprache umfasst die grafischen Elemente, die zur Darstellung von Modellen benutzt werden.

2.5.2. Geschäftsprozessmodelle

Geschäftsprozessmodelle sind meist Abbildungen von betrieblichen Abläufen und können also den Beschreibungsmodellen zugeordnet werden (Trier et al. (2007, S. 74)). Sie werden mit dem Zweck erstellt, die Ist-Situation zu dokumentieren und eine Diskussionsgrundlage für ihre Analyse und Veränderung zu schaffen. Geschäftsprozessmodelle werden daher meist von Systemanalysten, Prozessanalysten oder -Verantwortlichen erstellt.

Prozessmodelle können in den unterschiedlichen Phasen des Prozess(management)-lebenszyklus eingesetzt werden. Zum einen dienen sie der Dokumentation und Visualisierung der aktuellen bzw. der geplanten Abläufe. In der Analysephase können die Modelle also als eine Grundlage zur Identifikation von Potenzialen zur Verbesserung von Prozessen dienen. Hier übernehmen die Prozessmodelle die Rolle eines Vermittlers, helfen die Diskussion zu fokussieren und bilden eine Grundlage für ein gemeinsames Vokabular (Kueng and Kawalek (1997)). In der Entwicklungsphase können Modelle zum einen die Gestaltung der Prozesse unterstützen und zum anderen eine Diskussionsgrundlage bezüglich der möglichen Schwierigkeiten bei der Umsetzung bilden. Während die Kernelemente des Prozesses wie die Aktivitäten, Akteure und Datenflüsse in einem Modell abgebildet werden können, können die weniger formalisierbaren Aspekte für Führungsstil und Kontrollmechanismen in einem Modell nicht widergegeben werden. Auch in der Implementierungsphase bilden die Geschäftsprozessmodelle eine wichtige Grundlage. So können Prozesse erst dann ausgeführt werden, wenn die Abläufe zuerst modelliert und dann in eine ausführbare Sprache übersetzt wurden.

Um komplexe Prozesse mit allen relevanten Aspekten wie Organisationseinheiten, Kontrollstrukturen, Ereignissen und Datenflüssen darstellen zu können, wird eine Notation, d.h. reglementierte grafische Darstellung, benötigt. Eine Notation legt eine einheitliche

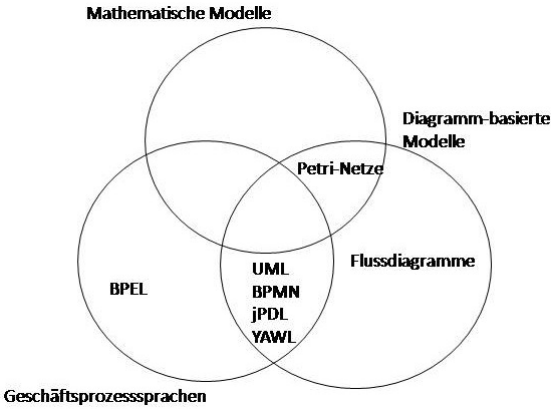


Abbildung 2.5.1.: Klassifikation von Techniken zur Geschäftsprozessmodellierung (Vergidis et al. (2008))

Syntax (die formellen Beziehungen zwischen den Modellelementen) und Semantik (Bedeutung der Modellelemente) der Prozessdarstellung fest.

Es existiert eine Vielzahl von Modellierungssprachen zur Erstellung von Prozessmodellen. Sie unterscheiden sich jedoch häufig signifikant im Grad ihrer Formalisierung. Hier kann zwischen drei Bereichen der Prozessmodellierung unterschieden werden (siehe Abbildung 2.5.1). Zum einen, werden Prozessbeschreibungen mit dem Ziel der unmittelbaren Ausführung erstellt. Das sind keine grafischen Notationen, sondern Definitionen automatisch ausführbarer Prozesse (Allweyer (2005, S. 9)) und werden als Geschäftsprozesssprachen bezeichnet.

Des Weiteren gibt es mathematische Modelle, die das Verhalten der Prozesselemente beschrieben und simulieren können. Hierbei sind Modelle gemeint, deren Elemente und ihre Beziehungen mathematisch oder formell beschrieben sind. Petri Netze sind ein berühmtes Beispiel einer Notation, die eine graphische mit einer mathematischen Darstellung kombiniert. Diagrammbasierte Geschäftsprozessmodelle stellen die Abläufe grafisch dar. Dabei werden die grafischen Elemente mit kurzen textuellen Ausführungen ergänzt. Auf der fachlichen Seite im Unternehmen haben sich die grafischen bzw. diagrammbasierten Prozessdarstellungen aufgrund ihrer relativ einfachen Erstellung und Veränderung durchgesetzt.

Die Wahl einer bestimmten Darstellungsmethode hängt sehr von der zu bearbeitenden Fragestellung ab. Je nach Phase des Prozesslebenszyklus in dem das Modell eingesetzt werden soll bzw. dem Abbildungszweck, kann sich ein diagrammbasiertes, ein mathematisches Modell oder eine textuelle Beschreibung zur Prozessdarstellung eignen. Abhängig von der Wahl einer Modellierungsmethode, können ebenfalls entsprechende Analyseansätze verfolgt werden. In der Abbildung 2.5.2 findet eine solche Zuordnung statt (siehe auch Abschnitt 2.4).

Während die mathematischen Modellierungsmethoden und automatisierte Ausführung die Validierung bzw. Leistungsanalyse von Prozessen erlauben, werden diagrammbasierte Prozessmodelle zum größten Teil für die observationsbasierte Analyse angewendet.

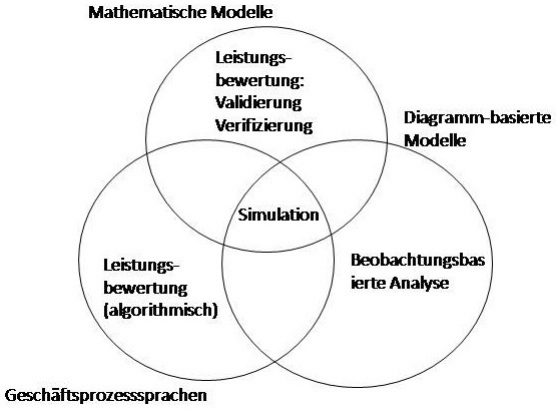


Abbildung 2.5.2.: Zuordnung der Geschäftsprozessmodellierung zu Analyseansätzen (Vergidis et al. (2008))

Dennoch wird zunehmend in der Forschung die Tendenz sichtbar, auch die grafischen Geschäftsprozessmodelle zur quantitativen (Geschäftsprozess-)Analyse heranzuziehen (siehe Abschnitt 6).

2.5.3. Notationen zur Geschäftsprozessmodellierung

Nachdem die unterschiedlichen Modellierungsmethoden und ihre möglichen Anwendungsgebiete eingeführt wurden, werden hier nun einige der erwähnten Notationen kurz vorgestellt. Es gibt zahlreiche Modellierungssprachen zur grafischen Darstellung von Geschäftsprozessen. Dabei unterscheiden sie sich nicht nur in der Syntax, sondern auch bezüglich der aufgenommen Prozessaspekte. So kann zwischen den Prozesssichten, d.h. den Schwerpunkten der ausgeführten Modellierung unterschieden werden. Im Allgemeinen kann jedoch eine formalisierte Sprache zur Darstellung von Prozessen auch als eine entsprechende Algebra verstanden werden. Denn es geht auch bei der Prozessmodellierung darum, Operationen und Relationen zwischen Objekten geregelt darzustellen, so dass sie durch eine formalisierte Logik verändert und hergeleitet werden können.

Als ein algebraisches System kann im Unternehmenskontext der Geschäftsprozess verstanden werden. Die entsprechenden Mengen, die mithilfe der algebraischen Operationen verändert werden können, sind hier zum einen die Modellelemente (Menge E), zum anderen die Operationen (Menge O), die auf die erste Menge angewandt werden können. Die Operationen in einem Prozessmodell beziehen sich auf die logische Verknüpfung zwischen den Modellelementen wie UND, ODER, exklusives ODER (XOR), Kontroll- und Nachrichtenfluss. Wie die Bezeichnung der Operationen, sind die Elemente in einem Prozessmodell voneinander unterschiedlich. Im Allgemeinen werden aber die Hauptelemente des Geschäftsprozesses (siehe Abschnitt 2.1.1): Prozessschritte, Prozessereignisse, Rollen und Ressourcen eines Prozessmodels dargestellt. Die Anordnung der Modellelemente sowie ihre logischen Verknüpfungen mit den Operatoren sind dabei von der Geschäftslogik des jeweiligen Unternehmens abhängig, die in den Geschäftsregeln formalisiert werden

kann (siehe Abschnitt 3.1). Die Elemente untereinander stehen ebenfalls in bestimmten Beziehungen, die implizit oder explizit durch Geschäftsregeln beschrieben werden können. So können die Rollen auf bestimmte Aktivitäten abgebildet werden. Die Ergebnismenge R der Anwendung dieser Algebra, also R := f(E,O), bilden die Modelleigenschaften wie:

- Vollständigkeit,
- Verständnis,
- Granularität und
- Strukturiertheit.

Diese Eigenschaften werden hauptsächlich durch die Anwendung einer bestimmten Notation und deren Verständnis durch den Modellierer bzw. den Analysten erzeugt. Modelle, die unter Benutzung derselben Sprache entstanden sind, können sich also dennoch bezüglich der oberen Eigenschaften unterscheiden. Diese können ebenfalls als Qualitätsmerkmale eines Modells herangezogen werden. In diesem Abschnitt soll zunächst eine allgemeine Sicht auf das Modellieren eines Prozesses umrissen, anschließend ein Meta-Modell eines Geschäftsprozesses vorgestellt werden, das als Basis zur Einordung der verschiedenen Modellierungssprachen angewendet werden soll.

2.5.4. Generisches Meta-Modell eines Geschäftsprozesses

Bei der Beschreibung der Prozesselemente im Abschnitt 2.1.1 wurde der Graph als eine mögliche Form für die Prozesswahrnehmung eingeführt. Die Dokumentation des Prozesses in Form eines Graphen liegt deshalb nahe. Ein Geschäftsprozessmodell G kann als ein besonderer Graph mit N Knoten (*nodes*) und L Verbindungen (*links* bzw. *vertices*) betrachtet werden: G = (N, L) . Die Knotentypen können des Weiteren wie folgt unterschieden werden:

$$N = T \vee S \vee J$$

d. h. als Knoten können Prozessschritte (T, *tasks*) oder Konnektoren (S, *splits* und J, *joints*) interpretiert werden. Auch die Kanten, $L \subseteq \mathbb{N} \times \mathbb{N}$, können weiter typisiert werden in eingehende und ausgehende bzw. anfragende und reagierende Kanten. Die Kanten symbolisieren somit den Ablaufs- und Informationsfluss und können ebenfalls Hinweise über das Kommunikationsverhalten im Prozess geben. Wird allerdings der Prozess als ein Netzwerk aufgefasst und entsprechend abgebildet, werden die Konnektoren bei der Visualisierung nicht mehr berücksichtigt. Auch die Richtung der Kanten wird bei der Netzwerkdarstellung nicht immer berücksichtigt. Zur Verfeinerung von diesem Aspekt kann z.B. im Rahmen einer Netzwerkanalyse der In- oder Outdegree eines Knotens herangezogen werden (siehe Abschnitt 4). Aus dieser Graphendarstellung haben sich zahlreiche Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse entwickelt, die in einem Metamodell von List and Korherr (2006) zusammengeführt werden (siehe Abbildung 2.5.3).

List and Korherr (2006) führen ein generisches Prozessmodell ein, um Modellierungssprachen unter einander vergleichen zu können (siehe Abbildung 2.5.3). Das Modell basiert auf der Geschäftsprozesstheorie, Workflow Patterns und den Arbeiten der Workflow Management Coalition (WfMC, WorkflowManagementCoalitionWfMC (1995)). Dieses Modell beinhaltet vier Perspektiven auf ein Geschäftsprozess: organisatorische, funktionale, verhaltensorientierte und informationsorientierte Sichten.

Die funktionale Sicht betrachtet die Prozessaktivitäten, die ausgeführt werden. Aktivitäten können zu Subprozessen zusammen gefasst werden und werden also auch innerhalb dieser Sicht betrachtet. Die organisatorische Sicht betrachtet Akteure und prozessausführende Elemente. Ihre Definition ist in dem betrachteten Meta-Modell der Definition der Akteure wie sie im Workflowkontext von der WfMC aufgeführt wurde entliehen. Akteure in einem Prozessmodell können sein: Organisationseinheit, Rolle bzw. Person und Ressource bzw. Software. Akteure können aus dem Unternehmen selber (intern) oder aus der relevanten Umwelt (extern) stammen. Eine Rolle ist in diesem Zusammenhang eine Funktion, die ein Mitarbeiter innerhalb einer Organisationseinheit übernimmt. Eine Software kann dabei entweder eine Anwendung oder auch ein Service sein. Die verhaltensorientierte Sicht betrachtet die logischen und die zeitlichen Ausführungsaspekte eines Prozesses. Die Kontrolle des Prozessflusses und somit die Ausführungslogik wird durch die Konnektoren (AND, OR, XOR) sowie die Ausführungsmuster: Sequenz, Gabelung und Zusammenführung, realisiert und innerhalb der verhaltensorientierten Sicht betrachtet. Die informationsorientierte Prozesssicht beinhaltet die Informationsobjekte, die von einem Prozess verwendet oder als Ergebnis produziert werden. Hier greift das Meta-Modell wiederum auf die Workflow-Datenmuster zurück. Die Grundelemente dieser Sicht sind Ressourcen und Ereignisse. Informationsressourcen können dabei sein: Datenbanken, Anwendungen oder Services. Die letzten beiden Kategorien werden auch als Softwareressourcen bezeichnet.

Um Geschäftsprozesse auf einer abstrakten Ebene betrachten zu können, wurde von List and Korherr (2006) die geschäftsprozesskontextorientierte Sicht eingeführt. In dieser Sicht sind die Haupteigenschaften wie das Prozessziel, Prozessverantwortlicher, Prozesstyp und Prozesskunde eines Prozesses erfasst. Ein Prozessverantwortlicher (*process owner*) ist für einen oder mehrere Prozesse zuständig (siehe auch Abschnitt 2.5.7). Jeder Prozess generiert eines oder mehrere Ergebnisse, die entweder eine Dienstleistung oder ein Produkt darstellen. Jeder Prozess erfüllt ein oder mehrere Ziele und orientiert sich dabei an bestimmten Sollwerten bzw. Kennzahlen. Durch die Analyse dieser Sicht, können die Hauptaspekte des Prozesses erfasst werden, ohne die Prozessdetails und –Logik auswerten zu müssen.

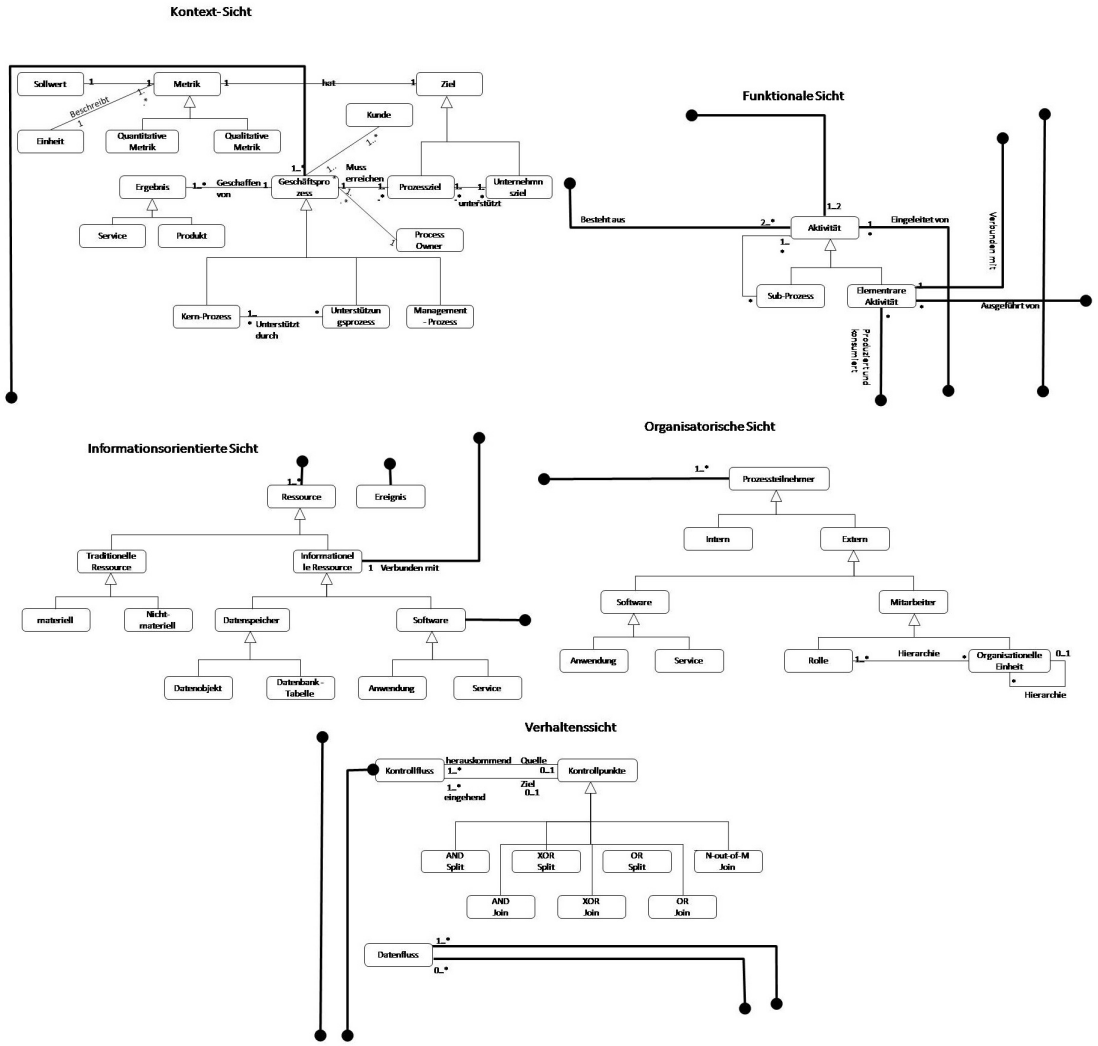


Abbildung 2.5.3.: Organisatorische, informationsorientierte und funktionale Sicht auf Prozesse (List and Korherr (2006))

2.5.5. Sprachen zur Dokumentation von Geschäftsprozessen

In diesem Abschnitt sollen ausgehend von den Petri Netzen weitere grafische Modellierungssprachen zur Dokumentation von Geschäftsprozessen vorgestellt werden (siehe auch Abschnitt 3.3.2).

Petri Netze sind eine Modellierungssprache, die zur Abbildung der Kommunikation von parallel ablaufen Prozessen entwickelt wurde. Durch ihre umfassende theoretische Fundierung eignen sie sich gut zur Simulation und Darstellung von komplexen Prozessen. Diese Modellierungsmethode hat sich jedoch in der Praxis nicht durchsetzen können. Formell kann ein Petri Netz als ein Tupel N= (P, T, F) definiert werden. Dabei ist nach

Wimmel (2008, S. 21)[13]:

P = $\{p_1, p_2, \ldots, p_{|P|}\}$ eine endliche, angeordneten Menge von Stellen (*places*)

T = $\{t_1, \ldots, t_{|T|}\}$ eine endliche, angeordnete Menge von Transitionen.

Petri Netze verfügen auch über eine grafische Darstellung, bei der jede Stelle als ein Kreis und jede Transition als ein Rechteck symbolisiert wird. Von der i-ten Stelle p_i führen genau F_{ij} Pfeile zur j-ten Transition t_j und von der j-ten Transition t_j führen genau B_{ij} Pfeile zur i-ten Stelle p_i. F ist die Menge der Kanten zwischen den Stellen und Transitionen. Eine Stelle kann Marken bzw. Token beinhalten. Belegung der Stellen wird auch als Markierung bezeichnet. Der Zustandsraum eines Petri-Netzes N = {P, T, F} ist N^P. Eine Abbildung s: P $\rightarrow$ N wird entsprechend als Zustand oder Markierung des Netzes bezeichnet. Gilt $s(p_i)$= k, dann bedeutet das, dass die Stelle p_i den Token k (im Zustand s) trägt. (Wimmel (2008))

Die im deutschsprachigen Raum wohl am weitesten verbreitete Notation zur grafischen Dokumentation von Geschäftsprozessen ist die Modellierungsmethode der Ereignisgesteuerten Prozessketten (*EPK*). Diese Diagrammsprache wurde 1992 an der Universität des Saarlandes entwickelt und eignet sich insbesondere für die Abbildung von Ist- und Sollprozessen, prozessorientierter Reorganisation sowie Definition und Kontrolle von Workflows (Scheer (1999), Trier et al. (2007)). Die Grundelemente eines EPK-Modells sind: Ereignisse, Zustandsänderungen eines Geschäftsobjektes, die eine Funktion anstoßen oder beenden können; Funktionen, die die Prozessschritte darstellen und Konnektoren. Sie stellen den Ablauf des Kontrollflusses im Prozess dar. Die erweiterte EPK, eEPK, beinhaltet weitere Objekte, die jeweils an die betroffene Funktion modelliert werden. Das sind: Organisationseinheiten, Rollen oder Personen; Daten- und Informationsobjekte; Softwaremodule und –Anwendungen sowie weitere benötigte Werkzeuge wie Fax, Telefon, o. Ä. Diese Modellierungssprache ist allerdings nur wenig formalisiert und nicht standardisiert. Grundlage für diese Modellierungssprache bilden die Petri-Netze (Petri (1962)).

Eine Notation, die über umfassende Standardisierung verfügt und sich bei der (objektorientierten) Softwareentwicklung durchgesetzt hat, ist die Unified Modeling Language (*UML*). Diese Sprache verfügt über zahlreiche Diagrammarten. Die Aktivitätsdiagramme eignen sich insbesondere zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Jedoch hat sich UML in der Praxis nicht vollständig durchsetzen können und wird überwiegend in der objektorientierten Softwareentwicklung eingesetzt (Allweyer (2009, S. 9)).

Business Process Modeling Notation (*BPMN*[14]) ist eine standardisierte Modellierungssprache, die ebenfalls auf die Ansätze der Petri-Netze zurück greift. Dieser Standard der Prozessmodellierung setzt sich zunehmend auch in der Praxis durch. BPMN wurde 2004 von der Business Process Management Initiative (BPMI), einem Konsortium bestehend zum größten Teil aus Software-Unternehmen, entwickelt und veröffentlicht (BusinessProcessManagementInitiative (2004)). Die Grundidee hierbei war, eine grafische Modellierungssprache für ausführbare Geschäftsprozesse zu entwickeln (Allweyer (2009, S. 10)). BPMI ist aktuell mit der Object Management Group (OMG) verschmolzen, die nun auch

[13] Die Anzahl der Elemente in einer Menge X wird durch folgende Darstellung verdeutlicht: $| X |$.

[14] Ab der Version 2.0 (Januar 2011) wird der Akronym als *Business Process Model and Notation* ausgeschrieben (siehe z.B. Allweyer (2009, S. 13), Freund et al. (2010, S. 9)).

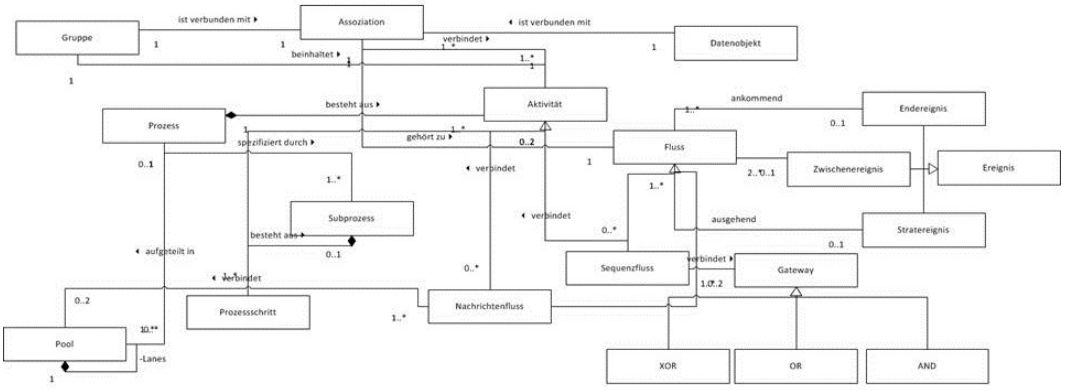


Abbildung 2.5.4.: Metamodell der Business Process Management Notation (Korherr and List (2007))

die aktuelle Version BPMN 2.0 standardisiert. Zwar entstand die Notation im Umfeld der automatischen Prozessausführung, sie hat es jedoch zum Ziel, eine gemeinsame Sprache sowohl für Fach- als auch für IT-Experten zu sein.

Die Schwierigkeit eine Modellierungsmethode zu entwickeln, die Prozessdarstellungen ermöglicht, die sowohl von der fachlichen Unternehmensseite als auch von den Entwicklern der Softwaretools zur automatisierten Prozessanalyse verstanden und produktiv eingesetzt werden kann, liegt darin, dass diese beiden Anwender potenziell unterschiedliche Anwendungs- und Zielbereiche für ihre Darstellung haben. Bei fachlichen Modellen steht das Verständnis des Prozessablaufs im Vordergrund; aus diesem Grund werden viele Details wie Softwareanwendungen und Transport von Datenobjekten ausgelassen bzw. nicht formell erfasst. Die Prozesslogik wird z. B. in Beschreibungen und Anmerkungen erläutert und nicht als logischer Ausdruck hinterlegt (Allweyer (2009, S. 14)). Für eine automatisierte Prozessunterstützung muss jedoch die Daten- und Informationsstruktur eindeutig, inklusive der verwendeten Werkzeuge und Formate, vorliegen. Angewendete Ausführungslogik, die Geschäftslogik in Form von Geschäftsregeln, muss explizit vorliegen, um ihre Umsetzung zu ermöglichen. BPMN soll die Anwendungsbereiche dieser beiden Gruppen ermöglichen und umsetzbar machen.

Das BPMN-Metamodell ausgearbeitet von Korherr and List (2007) in Abbildung 2.5.4 dargestellt. Dieses Metamodell orientiert sich an den Basiselementen der BPMN-Spezifikation der OMG (2006). Das Modell besteht aus folgenden Kategorien der Grundelemente: Flow Objects, Connecting Objects, Swimlanes und Artifacts. Zu den Flow Objects gehören dabei die Ereignisse, Aktivitäten und Konnektoren (*gateways*). Die Elemente dieser Klassen bestimmen das Verhalten eines Geschäftsprozesses. Aktivitäten, das wichtigste Element des Prozessmodells, können als Tasks, also einzelne Prozessschritte oder als Gruppen von Prozessschritten, s. g. Subprozesse, dargestellt werden. Ereignisse werden in BPMN explizit als Prozesselemente betrachtet und als „etwas, das auftritt“ (*something that happens*-Korherr and List (2007)) definiert. Drei Ereignistypen können anhand ihrer Auswir-

kungen auf den Kontrollfluss unterschieden werden: Start-, Zwischen- und Endereignis. Die drei Typen können in Ereignisarten wie z.B. Zeit-, Nachricht- oder Fehlerereignisse weiter verfeinert werden. Ein *Gateway* bzw. ein Konnektor definiert den Ablauf des Kontrollflusses. Dieser wird dadurch aufgespalten bzw. zusammen geführt. Dafür werden logische Operationen wie UND (AND), ODER (OR) bzw. exklusives ODER (XOR) verwendet. Ein exklusives Gateway modelliert alternative Pfade; ein paralleles Gateway (AND) modelliert gleichzeitig auszuführende Pfade; ein inklusives gateway (OR) modelliert die Möglichkeit ein oder mehrere Pfade im Prozess auswählen zu können.

Die Connecting Objects in einem BPMN- Diagramm verbinden die einzelnen Elemente des Kontrollflusses miteinander. Dazu zählen die Sequenz- und der Nachrichtenfluss (*sequence* bzw. *message flow*) sowie die Assoziationen (*associations*). Der Nachrichtenfluss zeigt den Informationsaustausch zwischen maximal zwei Aktivitäten, zwischen einer Aktivität und einem pool bzw. zwischen zwei pools an. Der Sequenzfluss verbindet die Aktivitäten, Gateways und Ereignisse mit einander und stellt so eine temporäre und kausale Reihenfolge der Ausführung auf. Eine Assoziation bindet Datenobjekte (*data objects*), d.h. Information, an die ausgeführten Aktivitäten an.

Artefakte beinhalten Datenobjekte, Kommentare (*annotations*) und Gruppen als Elemente. Diese haben keinen Einfluss auf den Prozessablauf. Datenobjekte können sowohl elektronische als auch physische Informationsträger beschreiben und geben darüber Auskunft, was eine Aktivität an Informationen zu ihrer Ausführung benötigt bzw. als Ergebnis ihrer Ausführung produziert. Eine Gruppe verbindet auf eine informelle Weise mehrere Prozesselemente zu einem inhaltlichen oder funktionalen Cluster, während die Kommentarfunktion es dem Modellierer erlaubt, Anmerkungen an die Modellelemente anzubringen.

Als Swimlanes werden Elemente zusammengefasst, die die Akteure in einem Prozess darstellen. Dabei wird zwischen Pools und Lanes unterschieden. Ein pool stellt einen Prozessteilnehmer dar und kann mehrere lanes zusammenfassen. Ein Prozessteilnehmer kann z. B. eine Organisation, eine Person oder eine Softwareanwendung sein (Freund et al. (2010, S. 44)). So kann z. B. ein Prozess innerhalb einer Abteilung (*pool*) von mehreren Stellen (*lanes*) ausgeführt werden bzw. er kann als ein abteilungsübergreifender Prozess (zwischen zwei pools) modelliert werden. Ein *collapsed pool* ist ein Pool-Typ, dessen Aktivitäten nicht sichtbar sind, weil sie z.B. für den Modellierungszweck nicht relevant sind. Somit stellt der collapsed pool lediglich einen Akteur sowie seinen Nachrichtenaustausch dar.

Die hier vorgestellten Modellelemente stellen die Grundbausteine der BPM-Notation dar. Im nächsten Abschnitt sollen die Elemente, die tatsächlich in dieser Arbeit zum Einsatz gekommen sind, sowie die angewandten Modellierungsrichtlinien vorgestellt werden.

2.5.6. Verwendete Modellierungselemente

In dieser Arbeit werden fachliche Prozessmodelle ausgewertet. Im Folgenden werden die angewandten Modellierungskonventionen und verwendeten Elemente erläutert.

Bei der Modellierung sollen die allgemeinen Modellierungskonventionen der BPMN in der Version 1.2 sowie folgende Vereinbarungen zur Modellierung von Prozessen gelten:

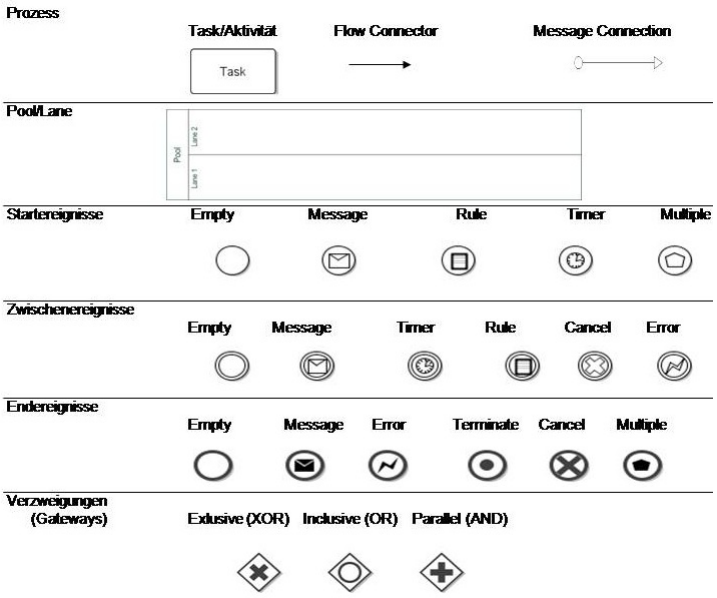


Abbildung 2.5.5.: Auszug: BPMN-Elemente (eigene Darstellung)

- Ein BPMN-Diagramm besteht aus pools, (nach Bedarf) lanes und den dort dargestellten Aktivitäten
- Pro pool gibt es mindestens ein Start-Ereignis
- Jedes BPMN Diagramm enthält mindestens ein Start- und ein Endereignis
- Pools und lanes werden mit Substantiven benannt
- Zwischen den pools können nur Nachrichten ausgetauscht werden (*message connection* bzw. *flow*)
- Die Aktivitäten werden mit einem Substantiv und einem Verb im Infinitiv bezeichnet
- Alternative Pfade werden durch bedingte Verzweigungen (*gateways*) erzeugt. Die Verzweigungsbedingung ist als eine Aktivität anzugeben
- Pfade sollten durch eine Zusammenführung (*gateway*) vereint werden
- Die einzelnen Aktionen (*tasks*) werden durch abgerundete Rechtecke dargestellt, die durch einen Kontrollfluss (*flow connector*) zu einem Pfad verbunden werden
- Eine Aktivität muss genau einer lane zuzuordnen sein.

Bei der Erstellung oder Überprüfung der Prozessmodelle sind folgende sieben Modellierungsleitlinien von Bedeutung (Mendling et al. (2010)):

G1: Benutze nur soviele Elemente im Model als unbedingt notwendig

G2: Minimiere den Weg (*routing path*) pro Element

G3: Benutze ein Start- und ein Endereignis

G4: Modelliere so strukturiert wie möglich

G5: Vermeide OR-Konstrukte

G6: Benutze ein Verb- plus- Objekt –Konstrukt zur Beschreibung der Aktivität

G7: Teile ein Model mit mehr als 50 Elementen auf.

2.5.7. Zielgruppe der Prozessmodelle

Prozessmodelle werden häufig mit dem Zweck der Dokumentation erstellt. Diese kann zur Vorbereitung der Einführung einer Prozessunterstützungssoftware, Zertifizierung oder Analyse von Abläufen führen. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Optimierung der Geschäftsprozesse, d.h. die Beseitigung möglicher Schwachstellen (Staud (2006)) (siehe auch Abschnitt 2.4.1). Entsprechend dem Ziel der Modellierung wird das Modell unter einem anderen Interessensschwerpunkt betrachtet bzw. muss für die jeweilige Anwendung modelliert werden. Im Folgenden werden die möglichen Rollen der Betrachter bzw. Interessenten aufgelistet (Freund et al. (2010, S. 12f)):

Prozessverantwortlicher (*process owner*): Der Prozessverantwortliche hat die Prozessoptimierung zum Ziel und hat eine Budgetverantwortung. Es kann ein Mitglied der Geschäftsführung oder der Leiter eines großen Bereichs sein.

Prozessmanager (*process manager*): Ist der operativ für den Prozess Verantwortliche und berichtet an den Process Owner.

Prozessbeteiligter (*process participant*): Die Person ist direkt in den Prozess involviert und erbringt die eigentliche Wertschöpfung.

Prozessanalyst (*process analyst*): Die Person unterstützt den Prozessmanager als externer oder interner Dienstleister in allen Phasen des BPM-Kreislaufs.

Prozessingenieur (*process engineer*): Die Person setzt den vom Analysten modellierten Soll-Prozess technisch um.

In dem betrachteten Kontext sind insbesondere die Rollen des Prozessverantwortlichen, - Analysten und –Beteiligten von Bedeutung.

2.6. Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde der Begriff des Geschäftsprozesses definiert und um seine Elemente erweitert. Die vorhandene Typisierung von Prozessen und Prozessaktivitäten wurde kurz vorgestellt sowie das Konzept und die Phasen des Geschäftsprozessmanagements erläutert. Die eingehende Betrachtung unterschiedlicher Analyseansätze hat gezeigt, dass die zu verwendende Analysemethode immer im Kontext der Problemstellung und der Umweltbedingungen des betrachteten Systems gewählt werden muss. Neben dem Analyseziel übt vor allem die Perspektive des Auftraggebers einen großen Einfluss auf die Wahl eines Ansatzes aus.

Geschäftsprozesse, wie sie im Rahmen der vorliegenden Arbeit definiert worden sind, stellen ganzheitliche, organisationsübergreifende und komplexe Systeme dar. Sie beginnen und enden beim Kunden, sind also auf die Kundenwünsche ausgerichtet und sollen sich gleichzeitig komplementär zu den intern definierten Unternehmenszielen verhalten. Es handelt sich um dynamische Systeme, die über Veränderungen z.B. der Marktlage selbst Änderungen erfahren müssen.

Aufbauend auf diesen Definitionen wurden die Modellierung von Prozessen sowie einige der Prozessmodellierungsmethoden kurz erläutert. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die Beschreibung von BPMN-Elementen und den Modellierungskonventionen gelegt. Diese Beschreibungen sind für das Verständnis der analysierten Prozesse von Bedeutung, da ihre Modelle gemäß den erläuterten Konventionen in BPMN-Diagramme überführt wurden. Ein Rollenmodell der an dem Prozess und seiner Verwaltung beteiligten Akteure wurde anschließend vorgestellt.

In den nächsten Abschnitten wird näher auf das Prozessverhalten und somit auf die Prozesselemente Geschäftsregeln und Ereignisse sowie die Ressource Information eingegangen.

3. Verhaltensaspekte des Geschäftsprozesses

Das Verhalten eines Geschäftsprozesses kann in Form seiner Elemente: Geschäftsregeln, Geschäftsereignisse und Informationsflüsse externalisiert werden. In diesem Kapitel sollen nun diese Elemente näher beleuchtet werden. Neben den Begriffsdefinitionen werden die jeweiligen Zusammenhänge dargestellt sowie die aktuellen Ansätze und Vorgehen, die ihre Extraktion im Rahmen einer Prozessanalyse erlauben. Basierend auf den Erkenntnissen aus der Literaturübersicht und Praxisprojekten, werden Vorgehen zur systematischen Analyse von Prozessen zur Identifikation von Geschäftsprozessregeln und Ereignissen abgeleitet und hier vorgestellt. Ihre Anwendung in der Praxis wird im Abschnitt 9 vorgestellt.

3.1. Geschäftsregeln- Der Regelbegriff und Definition

Die Definition einer Regel ist nicht eindeutig, da die Anwendungsfelder dieses Begriffs vielfältig sind. Um einige der Aussagen zum Regelbegriff zusammenzutragen, können Regeln als:

- Verhaltensvorschrift in einem besonderen Kontext,
- Aussagen, die eine logische Verbindung zwischen Merkmalen aus unterschiedlichen oder auch gleichen Bereichen darstellen oder
- als Aussagen über ein gewöhnliches Verhalten, das aber nicht zwangsweise erfolgt,

verstanden werden (Duden (2007)). Im Kontext des Geschäftsprozesses werden Geschäftsregeln als deklarative Aussagen verstanden, die auftretende Bedingungen logisch zu einer resultierenden Wirkung zusammensetzen. Daraus ergibt sich die Definition einer Regel, die im Kontext des Geschäftsprozessmanagements angewendet wird:

> Eine Regel R ist eine deklarative Aussage, die eine bestimmte Daten- und Fakten- Konstellation k ϵ K in einen logischen Zusammenhang mit einer Wirkung e ϵ E bringt.

k kann als notwenige Voraussetzung für bzw. Ursache von e betrachtet werden. Dabei erfüllt die Regel die Aufgabe einer Funktion im mathematischen Sinne, die zwei Mengen K und E in Beziehung setzt. Jedem Element der Menge K wird genau ein Element der Menge E zugeordnet. Eine Regel R ist somit eine *Relation* der Daten und Fakten und den

entsprechenden Wirkungen. In der Terminologie der Aussagenlogik kann die so definierte Regel als folgender Ausdruck formalisiert werden:

$$R: K \rightarrow E \tag{3.1.1}$$

Damit ist eine Regel eine Teilmenge des Produkts K×E und eine notwendige Bedingung für E. Dabei ist K eine mathematische Menge von Fakten (F), Daten (D) und E eine mathematische Menge von Wirkungen, d. h. Aktionen (A) oder neuen Aussagen (S).

$$K = \{D, F\},\ i \epsilon \mathbb{N},\ k_i = \{d_i, f_i\} \tag{3.1.2}$$

Eine Aussage besteht aus Sätzen, die Sachverhalte beschreiben und welchen ein Wahrheitswert zugeordnet werden kann. Das heißt, es sind natürlichsprachige Konstruktionen, die auch weiter bis zu einem Ausdruck der Aussagenlogik formalisiert werden können. Ein Datum ist ein elementarer Informationsbaustein, der im Zuge von Beobachtung oder als Ergebnis von Verarbeitung entstehen kann. Ein Fakt ist eine komplexe Information über den Zusammenhang von bestimmten, bereits entstandenen Daten und dem Kontext. Unter Konstellation wird eine bestimmte Auswahl bzw. Kombination an Daten und Fakten verstanden. Eine Wirkung ist das Ergebnis der Anwendung von dem Regel-Funktional auf die Daten und Fakten Kombination. Dabei kann eine Wirkung (E) eine Aktion (A) oder ein neues Datum (D') bzw. neue Tatsache (F') sein.

$$E = \{A, D', F'\},\ i \epsilon \mathbb{N}\, und\, w_i = \{a_i \vee d_i' \vee f_i'\} \tag{3.1.3}$$

Der Regelfunktional ist die konkrete Ausprägung der Geschäftslogik, die sich in der Geschäftspolitik und den Geschäftsprozessen wieder findet und zunächst über Erkennungsmethoden externalisiert werden kann (siehe dazu Abschnitt 3.1.4).

Um an die allgemeine Regeldefinition anzuschließen, können *Geschäftsregeln* als eine Ausprägung von Regeln gesehen werden. Somit können *Geschäftsregeln* definiert werden als:

> deklarative Aussagen, die eine bestimmte Daten- und Faktenkonstellation k ϵ K aus dem geschäftlichen Umfeld in einen logischen Zusammenhang mit einer Wirkung e ϵ E auf das geschäftliche Umfeld bringt.

Geschäftsregeln sind ein wichtiges Element des Geschäftsprozesses (siehe Abschnitt 2.1.1), der im Bereich des Geschäftsprozessmanagements zunehmend an Beachtung gewinnt. Um den zahlreichen Definitionen, die den Begriff Geschäftsregel verdeutlichen, Rechnung tragen zu können, werden hier einige von ihnen exemplarisch zusammengefasst.

So sind nach Schacher and Grässle (2006) die Geschäftsregeln einzelne Direktiven, die „*eine geschäftsrelevante Vorschrift oder ein geschäftsrelevantes Verbot darstellen und daher bei der Ausführung von Geschäftsaktivitäten beachtet werden* [müssen]“ (Schacher and Grässle (2006)). Diese Definition greift bereits den Aspekt auf, dass die Geschäftsregeln bei der Ausführung eines Geschäftsprozesses sowohl für den Fachbereich als auch für den implementierungsnahen IT-Bereich eine wichtige Rolle spielen. Die Business Rules Group formuliert deshalb die Definition der Geschäftsregeln sowohl aus der Sicht des

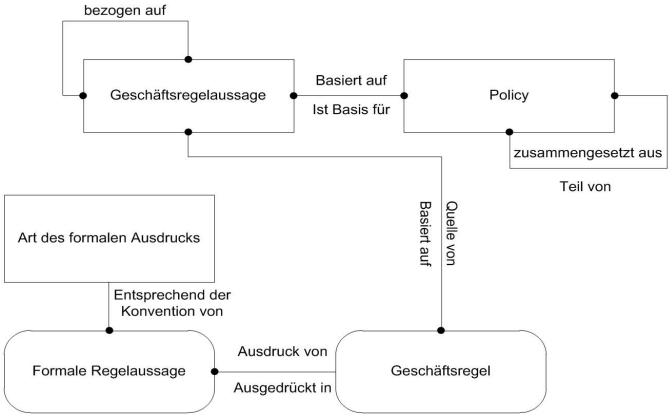


Abbildung 3.1.1.: Entstehung der Geschäftsregeln (BusinessRuleGroup)

Fachbereiches (*business*) als auch aus der Sicht der IT (BusinessRuleGroup). Aus der Sicht des Fachbereiches ist eine Geschäftsregel: "*...a guidance that there is an obligation concerning conduct, action, practice, or procedure within a particular activity or sphere.*" Das bedeutet, dass die Geschäftsregeln die Rolle einer Direktive übernehmen, die das Unternehmen in eine bestimmte Richtung, unter Beachtung der Unternehmenspolitik, steuern soll.

Aus der Sicht der Informationssysteme und –Technik ist eine Geschäftsregel: "*...a statement that defines or constrains some aspect of the business. It is intended to assert business structure, or to control or influence the behavior of the business.*"

Geschäftsregeln können formalisiert werden und sowohl aus einem Model als auch aus einer formellen fachlichen Beschreibung oder direkt innerhalb eines Programmcodes ausformuliert und ausgeführt werden. Abbildung 3.1.1 zeigt die Sicht der Business Rules Group (BRG) auf die Entstehung und Verarbeitung von Geschäftsregeln im Unternehmen.

Die BusinessRuleGroup beschreibt die Struktur der Geschäftsregel im Unternehmen wie folgt. Eine Geschäftsregel basiert auf Geschäftsaussagen und Geschäftspolitik bzw.-Philosophie (*policy*) und muss zunächst formalisiert werden, um nachhaltig im Geschäftskontext anwendbar zu sein. Die Geschäftspolitik wird von der BRG als eine allgemeine Aussage über die (Aus-)Richtung des Unternehmens definiert. Diese kann aus weiteren, detaillierten Aussagen bestehen. Eine *policy* kann die Basis für eine oder mehrere Geschäftsregelaussagen (*business rules statement*) sein. Geschäftsregeln verfügen über entsprechende Logik, um die Durchführung einer *policy* unterstützen zu können. Ihre Aussage kann auf einer oder auf mehreren *policies* basieren. Die *Geschäftsregelaussage* ist eine deklarative Aussage über die Struktur einer Einschränkung, die das Unternehmen sich selbst aufgesetzt hat oder die dem Unternehmen von außen aufgesetzt wurde. Eine Geschäftsregelaussage kann einen Bezug zu einer oder zu mehreren Aussagen haben. Die Geschäftsregelaussage kann auch Quelle von einer oder von mehreren Geschäftsregeln (*business rule*) sein. Genau wie die Geschäftsregelaussage ist die *Geschäftsregel* eine Aussage, die ein Geschäftsaspekt definiert oder beschränkt. Im Gegensatz zur Geschäfts-

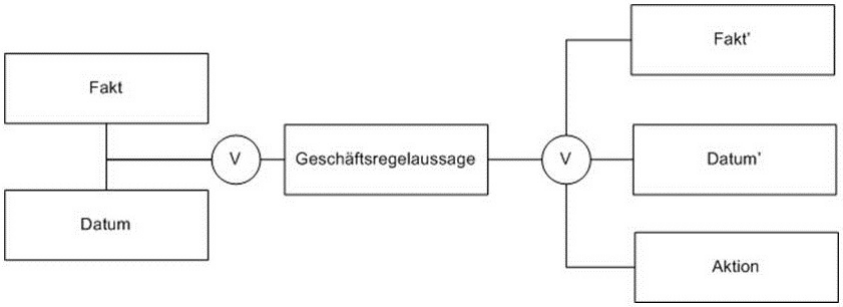


Abbildung 3.1.2.: Verallgemeinerte Struktur einer Geschäftsregel (eigene Darstellung)

regelaussage ist die Geschäftsregel jedoch eine atomare Aussage und kann nicht in weitere Regeln aufgebrochen werden, ohne notwendige Informationen aus den Geschäftsabläufen zu verlieren. Jede Geschäftsregel kann auf einer oder mehreren Geschäftsregelaussagen basieren. Eine Geschäftsregel kann als eine oder mehrere formelle Aussagen (*formal rule statement*) aufgefasst werden, wobei jede Aussage eine (atomare) Geschäftsregel zusammen fassen soll. Diese formelle Aussage muss nach Konventionen einer bestimmten formellen Beschreibungssprache (*formal expression type*) verfasst sein (BusinessRuleGroup). Diese Definitionen der BRG werden für den Verlauf der Arbeit als Definitionen für Geschäftsregeln übernommen.

Geschäftsregeln bestehen aus Daten, Fakten und der logischen Aussage (*declaration*)[1]. Abbildung 3.1.2 zeigt die verallgemeinerte Struktur einer Geschäftsregel. Dabei wird eine Regel durch ankommende Daten oder Fakten angestoßen (*triggered*). Diese werden gemäß der Geschäftsregelaussage bearbeitet. Das Ergebnis dieser Bearbeitung sind entweder neue Fakten bzw. Daten oder es wird eine Aktion bzw. eine andere Regel eingeleitet (*fired*).

Im Allgemeinen können drei Hauptkategorien bzw. -Klassen von Geschäftsregeln unterschieden werden (Schacher and Grässle (2006)):

• Einschränkungsregeln (*constrain* oder *condition rules*): sind Aussagen über das Geschäft, die immer wahr sein müssen.

• Ableitungsregeln (*derivation* oder *calculation rules*): sind Aussagen, die aus bekannten, fachlichen Informationen gefolgert werden.

• Prozessregeln (*action* bzw. *process rules*): sind Anweisungen, die beschreiben, welche Aktionen in bestimmten Situationen ausgeführt werden dürfen, müssen oder nicht dürfen.

Varianten der Prozessregeln sind die s. g. Bedingung-Aktion oder Ereignis-Bedingung-Aktion (evtl. Alternativaktion)-Regeln. Die Bedingung-Aktionsregeln (*condition- action rules*) werden auch häufig Produktionsregeln genannt. Die Ereignis-Bedingung-Aktion (Alternativaktion)-Regeln sind aus der Programmierung und dem Gebiet der aktiven Datenbanken (Paton and Dìaz (1999)) als ECA(A)-Regeln (*Event-Condition-Action Rules*) bekannt. Die Prozessregeln können also einen Verbot (eine Aktion, die nicht im gegebenen

[1] Der Begriff der Geschäftsregel hat weitere, hauptsächlich von Herstellern benutze Synonyme wie: rule declaration (TIBCO), Variable (Ilog/IBM) oder patterns (Fico Blaze Advisor).

Kontext ausgeführt werden darf), eine Verpflichtung (eine Aktion, die im gegebenen Kontext ausgeführt werden muss) oder eine Erlaubnis (eine Aktion, die ausgeführt werden darf) beschreiben (Schacher and Grässle (2006)).

Aus den vorhergehenden Aussagen wird deutlich, dass die Geschäftsregeln in der Form einer Aussage $R : A \rightarrow B$ zusammengefasst werden können. Wobei A als eine mathematische Menge von Daten, Aussagen oder Fakten im geschäftlichen Kontext und B als eine resultierende mathematische Menge von veränderten oder neuen Daten, Fakten oder Aktionen im geschäftlichen Kontext betrachtet werden, siehe Ausdruck 3.1.1 ff. Beide Mengen können einem oder mehreren Geschäftsobjekten oder Elementen des Geschäftsprozesses zugeordnet werden. Diese Aussage wird teilweise durch die Geschäftsregeldefinition der Business Rules Group unterstützt, die die Geschäftsregeln allgemein als Restriktionen zusammenfasst. Die Auffassung von Geschäftsregeln wie sie in der Aussage 3.1.1 ausgedrückt wurde, geht jedoch über diese Definition hinaus, indem sie die Voraussetzungen und Wirkungen als Bestandteile einer (Geschäfts-) Regel aufführt. Diese Sichtweise ermöglicht eine regeltypunabhängige Umsetzung der Geschäftsregeln in einem entsprechenden Geschäftsregelmanagementsystem.

Eine Geschäftsregel verfügt über eine Quelle und eine Senke. Sie basiert auf der Geschäftslogik und kann eine entsprechende Aktion auslösen bzw. „triggern“. Diese Aktion wird häufig bei dem Adressaten der Geschäftsregel, d.h. einem Geschäftsobjekt, der von der Regel oder ihrer Anwendung abhängig ist, ausgelöst. Diese Aktion kann Auswirkungen auf das Verhalten eines anderen Geschäftsobjektes haben. Eine entsprechende Regelstruktur kann also wie folgt aussehen, siehe Abbildung 3.1.3.

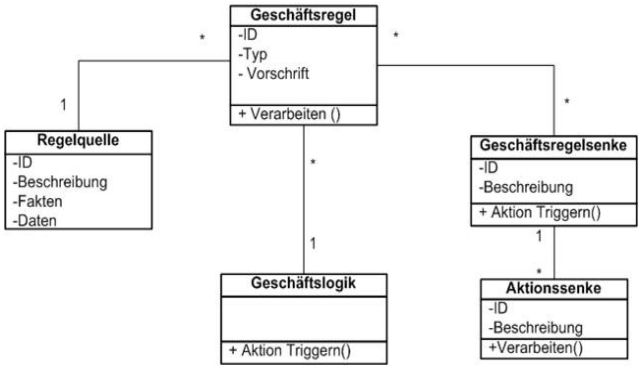


Abbildung 3.1.3.: Struktur einer Geschäftsregel (eigene Darstellung)

Eine Geschäftsregel hat demnach eine Quelle, kann jedoch mehrere Adressaten, Senken, haben. Eine Quelle kann weitere Geschäftsregeln initiieren. Sowohl die Quelle, Senke, die Aktionssenke als auch die Geschäftsregel selber können über eine Identifikationsbezeichnung (ID) und Beschreibung verfügen. Wobei die Beschreibung der Geschäftsregel durch zwei Attribute abgedeckt wird: den Regeltypen und die eigentliche Regelvorschrift. Der Regeltyp erlaubt es eine geschäftseigene Semantik und Taxonomie bei der Gestaltung und Verwaltung von Geschäftsregeln einzuführen. Die Regelquelle liefert auch die Daten und Fakten, die von der Geschäftsregel (basierend auf den Aussagen der Geschäftslogik)

verarbeitet werden. Entsprechend wird ihr eine Regelsenke zugewiesen. Diese kann entweder eine Aktion ausführen, oder die Ausführung der Aktion durch eine oder mehrere entsprechende(n) Aktionssenke(n) veranlassen.

3.1.1. Geschäftsregelansatz

Wird die Formalisierung der Geschäftsregeln in den Geschäftsprozessen konsequent verfolgt, wird unweigerlich die Notwendigkeit eines generellen Ansatzes, der sowohl die Geschäftsprozesse als auch die Geschäftsprozesslogik zusammenfasst und automatisierbar macht, deutlich. Das Verständnis des Geschäftsprozesses nicht nur als eine Abfolge von Tätigkeiten, sondern auch als eine Ansammlung von Entscheidungen, die nach bestimmten Regeln und entsprechendem Wissen getroffen wurden, stellt den Kern des *Geschäftsregelansatzes* dar. Der Geschäftsregelansatz (*business rules approach*) stellt das Geschäftswissen und die Fakten über das Geschäft in den Vordergrund (Ross (2003)). Das Geschäftswissen soll als eine wertvolle Ressource behandelt sowie konsistent und nachweisbar angewandt werden können. Dabei soll die technologische Unterstützung der Prozesse nicht vernachlässigt werden, so dass durch den Geschäftsregelansatz die Automatisierung, Formalisierung und Verwaltung der Geschäftsregeln erleichtert wird. Für die Umsetzung des Ansatzes müssen folgende Prinzipien verfolgt werden (von Halle (2002, S. 4)):

Separation: formalisierte Regeln sollen getrennt vom Prozessablauf dokumentiert und verarbeitet werden;

Verwaltung: Regeln sollen regelmäßig aktualisiert und gepflegt werden;

Externalisierung: Regeln sollen explizit gemacht und dokumentiert werden;

Veränderbarkeit: Regeln sollen zur möglichen Veränderung zur Verfügung stehen.

Beim Geschäftsregelansatz handelt es sich also um eine Methode, die angewandt wird, um Regeln zu spezifizieren, zu überprüfen, zu veröffentlichen, ggf. zu automatisieren und zu modifizieren. Das Ergebnis ist ein Geschäftsregelsystem (*business rules system*). Dabei handelt es sich um ein Anwendungssystem, in dem die Geschäftsregeln völlig getrennt von Geschäftsdaten und Benutzungsschnittstellen konzentriert an einer einzigen Stelle implementiert werden (von Halle (2002, S. 7)).

Da die Geschäftsregeln die Geschäftslogik und Unternehmenspolitik widerspiegeln, sollen sie auch vom Fachbereich modifizierbar sein. Regeln können bei der Prozessautomatisierung miteinbezogen werden; die Anwendung des Geschäftsregelansatzes erlaubt es auch, die Veränderungen in der Geschäftslogik nur durch die Anpassung der Geschäftsregeln zu implementieren und somit den Anpassungsaufwand zu fokussieren und gering zu halten. Dafür sollen das Geschäftsregelverwaltungssystem (*Business Rules Management System*, BRMS) und die Prozessumsetzungsarchitektur so gestaltet sein, dass der Fachbereich die Veränderungen effizient umsetzen kann, die anschließend vom Prozessausführungssystem (*Workflow Management System*, WfMS) problemlos übernommen werden kann.

Einfluss auf das Unternehmen	Geschäftswert
Flexibilität des Unternehmens	Schnellere Reaktions- und Proaktionszeiten
	Umstrukturierung der veralteten, auf vormals beschränkten IT-Strukturen basierenden Unternehmensstrukturen
Entscheidungsfindung	Effizientes Testen von regelbasierten Szenarios
Erlösmöglichkeiten	Größere Flexibilität bei Produkten, Preispolitik und Service, die steigende Einkommensströme erlaubt
Kundenzufriedenheit	Produkte und Dienstleistungen können individualisierter gestaltet werden
Entsprechung der gesetzlichen Normen	Höhere Sichtbarkeit gegenüber gesetzgebenden Instanzen und einfachere Prozessänderung

Tabelle 3.1.: Vorteile der expliziten Wissensformalisierung (Sinur (2007))

3.1.1.1. Auswirkungen des Geschäftsregelansatzes

Neben der potenziell effizienteren Umsetzung der Veränderungen in der Geschäftslogik, bietet der Geschäftsregelansatz weitere Potenziale. Bei Schacher and Grässle (2006) werden die Vorteile des Geschäftsregelansatzes in drei Punkten nach Lämmel et al. (2007) zusammengefasst:

1. Höhere Transparenz [der Geschäftsabläufe und ihrer Kontrollstrukturen] durch explizite Darstellung von fachlichen Begriffen, auf denen die Geschäftsregeln aufbauen, und den Geschäftsregeln selbst;

2. Höhere Flexibilität durch Geschäftsregeln, da explizit dargestellte Regeln leichter geändert werden können;

3. Höhere Effizienz durch automatisierte Verarbeitung der Regeln.

Explizite Formulierung von Regeln hilft häufig dabei, die Prozesse und ihre logischen Strukturen zu formalisieren und auf potenzielle Optimierungsmöglichkeiten zu überprüfen. Nicht nur die fachliche Transparenz wird dadurch ermöglicht, sondern auch der Einsatz und Funktionen der involvierten IT-Systeme werden auf die entsprechende Unterstützung der Geschäftslogik ausgerichtet. Die Gartner Group (Sinur (2007)) sieht weitere Vorteile der expliziten Wissensformulierung und fasst sie in der Tabelle 3.1 zusammen. Dabei werden die Vorteile entsprechend des erzeugten Einflusses auf das Unternehmen und den potenziellen Wert klassifiziert.

3.1.1.2. Weitere Vorteile der Berücksichtigung von Geschäftsregeln

Die Begründer des Geschäftsregelansatzes (von Halle et al. (2006), Ross (2003), Morgan (2002)) sehen folgende Vorteile, die durch Externalisierung und Formalisierung von Geschäftslogik entstehen:

Wissenserhaltung bzw. **Nachvollziehbarkeit**. Dadurch, dass Prozess- und Systemwissen externalisiert wird, bleibt es im Unternehmen erhalten und ist nicht von der Präsenz bestimmter Experten abhängig. Besonders wichtig wird dieser Aspekt, wenn die Geschäftslogik, die in den Altsystemen einprogrammiert ist, nachvollzogen oder verändert werden soll (Ross (2003, S. 11ff)). Ist das Wissen nicht vorhanden, kann das in einem Systemverhalten resultieren, dass nicht mit dem Prozessablauf übereinstimmt oder dem sogar entgegenläuft (von Halle (2002, S. 4)).

Implementierung und Umsetzung von Änderungen. Wenn die Geschäftslogik externalisiert und formalisiert ist, kann sie entsprechend den Änderungen aus der Umwelt oder aus den Geschäftsabläufen heraus verändert werden, ohne die automatisierte Prozessausführung zu gefährden (von Halle (2002, S. 4)).

Vorhersage und Simulation. Zukünftige Veränderungen zu simulieren und die entsprechenden Reaktionen zu antizipieren ist auch ein möglicher Vorteil der Geschäftsregeln (von Halle et al. (2006, S. 12ff)). Durch die Simulation der Logikänderung, werden auch die benötigten Prozessveränderungen sichtbar.

Anforderungsanalyse und Softwareentwicklung. Betriebliche Anwendungssysteme unterstützen heute die Geschäftsprozesse in einem Unternehmen. Entsprechend müssen die Beschreibung des Prozesses, aber auch die Ausführungslogik des Prozesses an die Entwickler vermittelt werden. Durch die Identifizierung und Formulierung von Geschäftsregeln, kann das prozessbezogene Fachwissen nicht nur an die Entwickler vermittelt, sondern auch einfacher umgesetzt, d.h. in ein betriebliches Anwendungssystem übertragen werden (Morgan (2002, S. 11)).

3.1.2. Geschäftsregeln in Geschäftsprozessen

Geschäftsregeln spielen insbesondere als Prozesselemente auf der Prozessebene eine wichtige Rolle. Hier sind vor allem die oben beschriebenen Prozessregeln von Bedeutung. Aber auch andere Regeltypen bestimmen den Prozessablauf und die Wahl der Prozessvarianten (siehe Abschnitt 3.1.3). Jedoch werden die Geschäftsregeln nur selten bei der Prozessaufnahme bzw. bei der Istanalyse der Prozesse berücksichtigt. Das kann zum einen daran liegen, dass dieses Konzept noch keine große Verbreitung im Fachbereich gefunden hat, zum anderen jedoch auch daran, dass viele der Geschäftsregeln aus der Erfahrung des Mitarbeiters stammen, also implizites Wissen darstellen. Die Externalisierung dieses Wissens stellt eine der größten Herausforderungen im Wissensmanagement dar. Während prozedurale Abläufe durch die Analyse ihrer Dokumentation bzw. durch ihre Beobachtung nachvollzogen werden können, können die Geschäftsregeln häufig lediglich durch wiederholte Beobachtung bzw. durch den Einsatz von speziellen Techniken der Wissensextraktion (siehe dazu Abschnitt 3.1.5) identifiziert werden. Somit werden die Geschäftsregeln auch selten in Prozessdokumentationsmodellen aufgenommen. Die BPMN verfügt zwar über einen Ereignistypen, der die Geschäftsregel symbolisiert (das Rule- Event). Er kann den Prozessablauf anstoßen, unterbrechen oder beenden. Jedoch

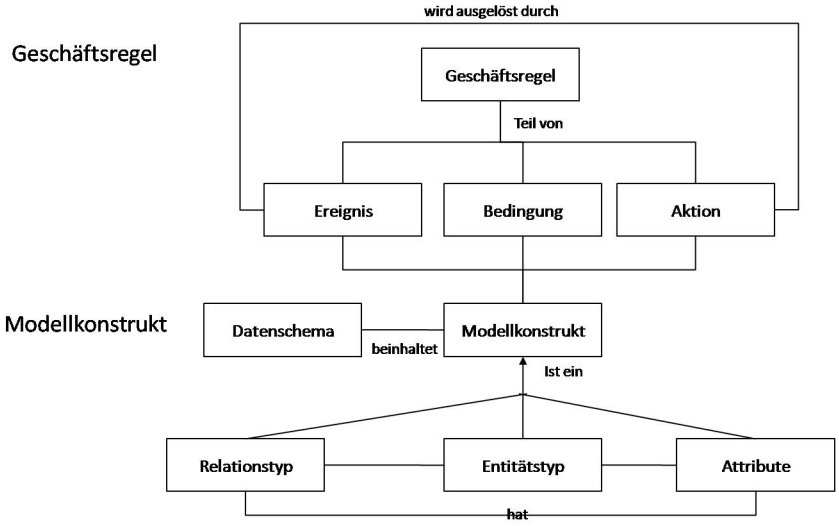


Abbildung 3.1.4.: Meta-Modell zur Darstellung einer Geschäftsregel (Herbst (1995))

werden hier die logische Struktur bzw. die durch die Geschäftsregel aufgespannten Zusammenhänge nicht aufgegriffen. Das Symbol dient lediglich als ein Verweis auf weitere Dokumente. Abbildung 3.1.4 nach Herbst (1995) zeigt, wie das Konzept der Geschäftsregeln in eine Modellierungsnotation überführt werden könnte. Dabei sollen die einzelnen Bestandteile der Regel (hier eine ECA-Prozessregel) basierend auf einem Datenmodell ausmodelliert werden. Es ist jedoch anzumerken, dass eine ausführliche Darstellung der Geschäftsregeln das Prozessdiagramm, im Sinne der Ablaufdarstellung überlasten würde. So könnten die Ablaufregeln als eigene Subprozesse dargestellt werden. Häufig werden jedoch externe Regeldarstellungen in Form von z.B. Entscheidungstabellen oder textuellen Beschreibungen verwendet.

3.1.2.1. Beschreibung von Geschäftsregeln

Die Beschreibung der Geschäftsregeln kann auf drei verschiedenen Abstraktionsniveaus, jedoch stets top-down bezüglich der Ausführbarkeit, erfolgen. Zum einen kann die Beschreibung nicht formalisiert sein, d.h. die Regel wird in einer natürlichen Sprache formuliert und orientiert sich ggf. an der Geschäftspolitik oder anderen fachbezogenen Dokumentationen. In der zweiten Abstraktionsebene können die Geschäftsregeln mit Hilfe eines normierten Fachkonstrukts beschrieben werden. Das bedeutet, dass minimale Anforderung an die Konsistenz der Beschreibung gestellt werden, während die Beschreibung immer noch stark an die natürliche Sprache angelehnt ist. Ein Beispiel für Sprachen zur Erstellung eines solchen Konstrukts ist *SQL* oder *OCL* (Object Constraint Language, als Bestandteil der UML). Häufig wird hierfür auch ein *Pseudo-Code* benutzt, um die Beziehungen zwischen Fakten und Aktionen abzubilden. Diese Art der Darstellung, genauso wie die Darstellung in der ersten Abstraktionsebene, ist unabhängig von einem Anwendungssystem und kann ohne eine zusätzliche Unterstützung (z.B. Umwandlung

des Regelmodells in einen ausführbaren Code) maschinell nicht ausgeführt werden. In der dritten Abstraktionsebene werden die Geschäftsregeln so ausgedrückt, dass sie maschinenlesbar und somit ausführbar sind. In dieser technischen Darstellung werden die Geschäftsregeln in einer der Ausführungsumgebung angemessenen Programmiersprache ausgedrückt.

Zu den Methoden der ersten Beschreibungseben können auch die Entscheidungstabellen und -Bäume gerechnet werden. Entscheidungstabellen verfügen zwar auch über keine standardisierte Notation, sind aber auch ein mächtiges und oft verwendetes Instrument zur Abbildung von Geschäftsregeln. Die Entscheidungstabellen bieten ein Formalismus, um gleichartige Geschäftsregeln darzustellen. D.h. Entscheidungen werden aufgrund von vielfältigen Fakten bzw. aufgrund von leicht variierenden Variablenausprägungen getroffen und von entsprechenden Aktionen eingeleitet (von Halle (2002)). Gerade bei Anwendungssystemen mit grafischer Oberfläche finden Entscheidungstabellen breiten Ansatz (Schacher and Grässle (2006)).

Geschäftsregeln werden auch häufig in der Unternehmenspraxis als Entscheidungsbäume dargestellt. Diese Form der Darstellung eignet sich bei Regeln, die in eine Klassifikation involviert sind (Jackson (1998, S. 391)). Dieser Gedanke wird auch in der Darstellung der Regeln als Ablaufregeln aufgegriffen. Neben den Entscheidungsbäumen haben Geschäftsregel-Anwendungssysteme die Möglichkeit Geschäftsregeln als Geschäftsabläufe (*rule flows*) darzustellen. Das sind, ähnlich wie bei Geschäftsprozessen, Ablaufdiagramme, deren Elemente aus Geschäftsregeln, anstatt aus Prozessschritten, bestehen. Der Vorteil dabei ist, dass die Entscheidungsfindung in den einzelnen Komponenten dargestellt werden kann.

Zur Zeit der Erstellung dieser Arbeit existiert noch kein Standard zur Beschreibung bzw. ausführbaren Beschreibung von Geschäftsregeln im Rahmen der Prozessautomatisierung. Es existieren jedoch bereits zahlreiche Initiativen in der Wissenschaft und Forschung zur Etablierung eines solchen Standards (siehe McBrien and Selveit (1995), Wagner et al. (2005), Bergsten et al. (1992)).

3.1.3. Geschäftsregeln und Entscheidungen

Im Kapitel 2.2.3 wurde bereits der Begriff der entscheidungsintensiven Prozesse eingeführt. Hier soll der Begriff der Entscheidung im Kontext des Geschäftsprozessmanagements definiert und der Zusammenhang zu den Elementen des Geschäftsprozesses wie den Geschäftsregeln und –Ereignissen aufgezeigt werden.

„Eine Entscheidung liegt dann vor, wenn aus mindestens zwei zur Auswahl stehenden Handlungsalternativem eine bewusst ausgewählt wird“ (Blume et al. (2001),Motsch (1995, S. 1)). Die Bedeutung einer Entscheidung lässt sich an den entsprechenden Auswirkungen für alle beteiligten Akteure messen. Entscheidungen werden im Verlauf zur Erreichung eines Ziels, z.B. Prozessziels getroffen. Dabei kann häufig zwischen mehreren Handlungsalternativen gewählt werden.

Die Wahl zwischen den Alternativen kann z.B. anhand des Vergleichs zwischen Ist- und Sollmesswerten in einem Regelkreis getroffen werden. Als Regelkreis kann dabei auch der Prozesslebenszyklus betrachtet werden. Liegen also die Ist- und die Solldaten

zu einer Prozesskenngröße vor, kann eine Entscheidung über den weiteren Verlauf getroffen werden. Weichen diese signifikant ab, d.h. befinden sich die Werte außerhalb des Toleranzbereichs, muss eine Aktion durchgeführt werden. Wann, wie und durch wen diese stattfindet ist in der entsprechenden Entscheidungslogik, die z.B. in den Geschäftsregeln oder *policies* festgelegt ist, formuliert. Da eine Veränderung der Differenz zwischen den Ist- und Solldaten ein Ereignis, d.h. Zustandsänderung, darstellt, kann eine Entscheidung als eine Verbindung zwischen einem Ereignis (*warum*), einer Aktion (*was*) und einer Gruppe von ausführenden Personen (*wer*) und der entsprechenden Logik (*wie*) verstanden werden (vgl. Perrin and Godart (2004)). Dieses Verständnis von Entscheidungen findet sich im Konzept der Action Rules (EA- rules) wieder.

Anthony (1965) unterscheidet zwischen operativen, taktischen und strategischen Entscheidungen im Unternehmenskontext. Strategische Entscheidungen betreffen allgemeine Entscheidungen in Planung und Verwaltung des Unternehmens, die erst mittel- bzw. langfristig Auswirkungen zeigen. Entscheidungsthemen sind hier häufig die organisatorischen und wirtschaftlichen Ziele eines Unternehmens. Die Entscheidungen betreffen somit Verhaltensweisen des Unternehmens zur Erreichung seiner Ziele. Taktische Entscheidungen haben einen mittleren Zeithorizont und richten sich auf die Bereiche wie Identifikation und Verwaltung von Ressourcen, während die operativen Entscheidungen die direkte Ausführung von Prozessschritten betreffen und diese steuern sollen.

Um eine Entscheidung treffen zu können, müssen Informationen in ausreichender Menge vorliegen. Zum einen kann es sich dabei um aktuelle Daten und Fakten handeln, zum anderen kann bestimmtes Wissen benötigt werden, um eine Entscheidung zu treffen. Häufig ist dieses Wissen ein Teil des Expertenwissens in der betroffenen Domäne. Während strategische Entscheidungen Informationen aus unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens benötigen, die zudem mit signifikanter Unsicherheit und Unvollständigkeit behaftet sind, werden taktische und operative Entscheidungen anhand von prozessnahen Daten getroffen. Je allgemeingültiger die Entscheidung jedoch ist, desto kumulierter sind auch die Daten, die zur Entscheidungsfindung benutzt werden. Operative Entscheidungen, also Entscheidungen über den Prozessablauf und das Einhalten von bestimmten Kennzahlen, benötigen somit möglichst detaillierte Prozessdaten, z.B. Auskünfte über die Zustände von Prozessaktivitäten und –Akteuren. Je nach Entscheidungsart müssen Informationen in unterschiedlichen Detailtiefen gesammelt und aufbereitet werden. Diese Detailtiefe wird hier auch als Prozessnähe bezeichnet, so dass der höchste Wert der Detailtiefe dann erreicht wird, wenn die Zustände von Prozesselementen aufgenommen und betrachtet werden.

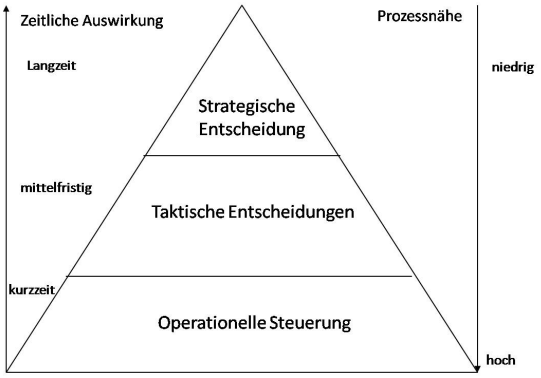


Abbildung 3.1.5.: Entscheidungsstruktur im Unternehmen (Anthony (1965))

Das klassische Rahmenwerk von Gorry and Morton (1971) zur Beschreibung der unternehmerischen Entscheidungsfindung basiert auf den Arbeiten von Anthony (1965) und Simon (1960). Anthony (1965) kategorisiert unterschiedliche Anwendungsgebiete von Geschäftsaktivitäten (siehe Abbildung 3.1.5) und Simon (1960) führt das Konzept der Entscheidungskategorisierung nach ihrem Wiederholungsgrad, Strukturiertheit und Neuheit ein. Gorry and Morton (1971) stellen die Entscheidungs- und Ablaufstrukturen in den Kontext der Organisation und ermöglichen dadurch eine Sicht, die die Anforderungen und Eigenschaften eines entsprechenden Anwendungssystems erfasst (Muntermann (2007)). Sie unterscheiden zwischen strukturierten, halb-strukturierten und unstrukturierten Entscheidungen. Dabei ist die Unterscheidung zwischen den einzelnen Typen schwierig, was in der Abbildung 3.1.6 mit dem in beide Richtungen gerichteten Pfeil angedeutet wird. In der unternehmerischen Praxis können jedoch die meisten Entscheidungen in den Bereich der halbstrukturierten Entscheidungen eingeordnet werden, da sie sich auf Probleme beziehen, die sowohl strukturierte als auch unstrukturierte Elemente aufweisen (Muntermann (2007, S. 53)). Die problemorientierte Sicht auf Entscheidungen von Gorry and Morton (1971) basiert ebenfalls auf der von Simon (1960) vorgeschlagene Taxonomie. Dieser definierte programmierte (*programmed*) und nicht-programmierte (*non-programmed*) Problemtypen, um ihre Neuheit und Wiederholungsgrad beschrieben zu können.

Programmierte Entscheidungen sind repetitiv und wiederholen sich häufig und in regelmäßigen Abständen. Entsprechend können Prozesse definiert werden, die diese Art von Entscheidungen operationalisieren. Mithilfe unterschiedlicher Techniken wie z.B. der mathematischen Analyse können diese Aspekte angesprochen werden. Nicht-programmierte Entscheidungen beziehen sich auf einen neuen Problemtyp bzw. auf ein neues Problem. Diese Art von Entscheidungen kann am besten mithilfe von Heuristiken adressiert werden (Simon (1960)). Diese Kategorisierung von Entscheidungen bezieht den Informationsverarbeitungsgrad, der für eine Entscheidung von einem Anwendungssystem erbracht werden soll, ein.

Die zweite Dimension des Entscheidungsrahmenwerks (Abbildung 3.1.6) basiert auf der von Anthony (1965) vorgeschlagenen Taxonomie zur Klassifikation von Managementaktivitäten. Dabei wird die operative Kontrolle als ein Prozess verstanden, der die Ausführung

Entscheidungstyp	Kontrolltyp →		
	Operative Kontrolle	Management Kontrolle	Strategische Planung
Strukturiert ↑	Inventurkontrolle, Bestelleingang	Budgetanalyse, make or buy	Grundlegendes Finanzmanagement
Halbstrukturiert	Produktionsplanung	Projektplanung, Kreditevaluierung	Investitionsplanung
Unstrukturiert ↓	Kauf von neuen Anwendungssystemen	Verkauf und Produktion	Forschungsplanung, Entwicklung neuer Technologien

Abbildung 3.1.6.: Entscheidungsrahmenwerk nach Gorry and Morton (1971)

bestimmter Aufgaben gewährleistet. Dieser kann durch entsprechende Informationssysteme unterstützt werden und bezieht sich auf unmittelbare Abläufe. Die Managementkontrolle umfasst allgemeine Aufgaben, die sich auf einen effizienten Ressourceneinsatz beziehen. Der betrachtete Zeithorizont umfasst mehrere Jahre und die entsprechenden Informationssysteme sind dabei auf die Berechnung von finanziellen Kennzahlen ausgerichtet, die den Ressourceneinsatz in ihre Berechnungen einbeziehen. Die strategische Planung umfasst die zukünftige Ausrichtung des Unternehmens und ist dabei in einem am wenigsten strukturierten Bereich angesiedelt. Die Informationssysteme müssen diese Aktivitäten durch Funktionen, die eine Evaluierung, Analyse und Vorhersage ermöglichen, unterstützen (Muntermann (2007, S. 55)).

Im Abschnitt 2.2 wurde bereits der Begriff der entscheidungsinformationsintensiven Geschäftsprozesse eingeführt. Dieses Konzept impliziert, dass für Entscheidungsfindung im Unternehmenskontext nicht nur die Kenntnis von Geschäftsregeln, *policies* und Erfahrungswissen des Mitarbeiters notwendig ist. Häufig spielt auch das Vorhandensein und die Vollständigkeit der Information eine Rolle, die notwendig ist, eine Entscheidung zu treffen. Diese Informationsmenge wird hier als Entscheidungsinformationscluster bezeichnet. Das beinhaltet sowohl Geschäftsregeln und *policies*, die diesen Prozess betreffen als auch die Informationen über die Prozesselemente, die in die Entscheidungsfindung involviert sind.

Diese Elemente bzw. Elementgruppen können als Entscheidungsinformationspunkte bezeichnet werden. Sie zeigen Aspekte auf, die für die Entscheidungsfindung wesentlich sind bzw. die Informationen beinhalten, ohne welche eine Entscheidungsfindung nicht möglich ist. Um eine begründete Entscheidung treffen zu können, müssen also die entsprechenden „Knotenpunkte"- Informationsquellen bzw. Kernaktivitäten- im Prozess identifiziert und entsprechend analysiert werden. (Levina (2011a))

3.1.4. Identifikation von Geschäftsregeln

Um die Geschäftslogik der Prozesse umsetzten zu können, müssen die Geschäftsregeln zunächst identifiziert und formalisiert werden. In einer bereits bestehenden Prozess- und IT-Architektur sind die Regeln häufig weder in den Prozessbeschreibungen noch in den Prozessmodellen explizit enthalten. Sie sind vielmehr in der Anwendungssoftware für die automatisierte Prozessausführung encodiert. Aus diesen Gründen, ist gerade bei der Neuanpassung (*re-architecturing*) oder der Umstellung bzw. Konsolidierung der Systeme die Wiederauffindung der Geschäftsregeln essentiell. Insbesondere können viele der Prozesse von der neuen Architektur bzw. von dem neuen System nicht in vollem Umfang unterstützt werden, wenn die Umstrukturierung ohne eine umfassende Unterstützung seitens des Fachbereichs erfolgt. Auch bei neu zu entwickelnden Geschäftsumgebungen muss diese Wissensbasis als die so genannte Regel-Datenbank zunächst geschaffen werden. In beiden Fällen, ist es die Aufgabe des Analysten die Geschäftsregeln zu identifizieren, formalisieren und in die Prozesslandschaft zu integrieren.

In diesem Abschnitt sollen einige Verfahren aus der Praxis und Forschung vorgestellt werden, die ein solches Vorgehen und die entsprechenden Rollenmodelle zur Identifikation der Geschäftsregeln in verschiedenen relevanten Kontexten darstellen. Des Weiteren wird hier ebenfalls auf die Techniken der Wissensbeschaffung eingegangen.

Die Geschäftsregeln stellen das prozess- und unternehmensspezifische Wissen dar, das häufig nicht explizit vorliegt, sondern viel mehr als Expertenwissen oder implizit in den vorhandenen Strukturen und Anwendungen beinhaltet ist. Um die Geschäftsregeln zu identifizieren ist es also zunächst notwendig, dieses Wissen zu lokalisieren. Die Abbildung 3.1.7 stellt eine Strukturierung dar, die das Lokalisieren des geschäftsspezifischen Wissens erleichtern soll. Dabei wird zunächst zwischen den Möglichkeiten unterschieden, wie das Wissen vorliegen kann: explizit, also ausformuliert, oder implizit, also weder formuliert noch dokumentiert. Bei dieser Wissensform handelt es sich um das erlernte Wissen bzw. Wissen, das bei der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit angeeignet wurde.

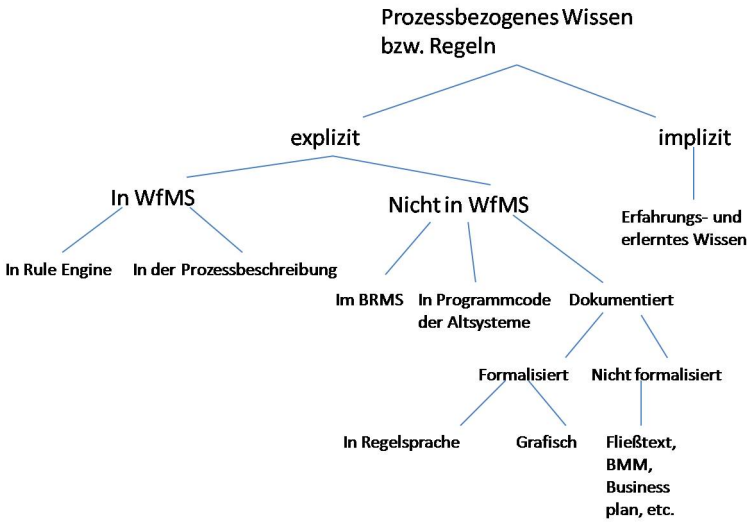


Abbildung 3.1.7.: Verteilung des Unternehmenswissens (Goesmann2002, S.86)

Das explizite Wissen kann entweder in einem Prozessunterstützungssystem, z.B. einem Workflowmanagementsystem (WfMS) vorliegen oder auf eine andere Art und Weise dokumentiert sein. Wenn die Geschäftsregeln also nicht in einem WfMS vorliegen, können sie entweder in einem Verwaltungssystem für Geschäftsregeln (Business Rules Management System, BRMS) gespeichert sein, im Programmcode von Altsystemen, die Prozesse oder Teilprozesse unterstützen, encodiert sein oder auf eine andere Art und Weise dokumentiert vorliegen. Dabei kann zwischen einer formalisierten und einer nicht-formalisierten Dokumentation von Geschäftsregeln unterschieden werden. Eine formalisierte Dokumentation liegt vor, wenn für die Beschreibung eine (halb-)formalisierte Regelsprache oder eine grafische Darstellung angewendet wurde. Bei einer natürlichsprachigen und wenig strukturierten Beschreibung wird von einer nicht-formalisierten Dokumentation gesprochen.

Die folgenden Abschnitte beschäftigen sich mit Verfahren zur Identifikation von sowohl impliziten als auch expliziten Unternehmenswissen. Insbesondere werden die Techniken der Wissensakquise von Experten im Abschnitt 3.1.5, Regelidentifikation aus dem Programmcode im Abschnitt 3.1.5.3 und aus den Prozessmodellen heraus im Abschnitt 3.1.5.4 betrachtet.

3.1.5. Techniken der Wissensbeschaffung im Unternehmen

Das Thema der Wissensbeschaffung (*knowledge acquisition*) bzw. Datenerhebung ist insbesondere im Bereich des Wissensmanagements sehr aktuell. Jedoch stellen die Geschäftsregeln einen wesentlichen Teil des Prozesswissens der Mitarbeiter dar, das teilweise implizit oder nicht formalisiert vorliegt (siehe Abschnitt 3.6). Dafür können Techniken aus dem Bereich des Wissensmanagements angewandt werden. Dieser Abschnitt bietet einen Exkurs in die Techniken der Wissensextraktion, da diese Form der Informationsbeschaffung

einen wichtigen Teil der Analyse darstellt.

Diese Techniken können anhand des erfragten Wissens (prozessbezogen bzw. allgemein, explizites Wissen bzw. implizites (*tacit*) Wissen, etc.) oder anhand der benutzten Werkzeuge (computerbasiert bzw. manuell) strukturiert werden. Hier werden zunächst diejenigen Methoden vorgestellt, die zum einen dazu dienen aktuelle Daten aus dem Interessensbereich von Experten zu sammeln und zum anderen dazu dienen, implizites Expertenwissen zu identifizieren. Bei der letzten Methodenart handelt es sich um die Exploration des impliziten Wissens, die direkte Interaktion mit den Experten wird als die *Primärerhebung* bezeichnet. Als *Sekundärerhebung* werden Methoden verstanden, die dazu dienen, die bereits vorhandenen Informationen wie z.B. Dokumentationen, Beschreibungen oder Programmcodes unter einem neuen Aspekt zu untersuchen.

3.1.5.1. Methoden der Primärerhebung

Hier sollen vor allem Techniken der Wissenserhebung vorgestellt werden, die eine direkte Interaktion mit dem Experten (Olson and Rueter (1987)) bzw. mit der Dokumentation (Boose (1989)) zur betrachteten Problemstellung erfordern.

Interviews

Interviews sind eine häufig angewendete Form der Akquise des impliziten Expertenwissens. In einem Gespräch können die Befragten eigene Schwerpunkte legen und somit die von ihnen wahrgenommene Struktur sowie interne Beziehungen der Systemelemente aufzeigen. Dabei gibt es mehrere Freiheitsgrade der Interviewführung. Die Wahl des Freiheitsgrads hängt im Wesentlichen von der Fragestellung bzw. der Frageabsicht des Interviewers ab. Mögliche Abstufungen sind dabei: strukturiertes, halb-strukturiertes und offenes Interview.

Strukturiertes Interview: In einem strukturiertem Interview wird der vom Analysten bereits vorbereitete Fragebogen bezüglich eines bestimmten Problems oder Wissensbereichs entweder mündlich, meist jedoch schriftlich mit den Antworten des Befragten ausgefüllt. Die Antwortvarianten liegen häufig bereits schon vor. Das Gespräch läuft also strukturiert in einer vorher festgelegten Reihenfolge ab.

Halbstrukturtieres bzw. fokussiertes Interview: bei einem halbstrukturierten Interview hat der Fragende bereits eine bestimmte Struktur sowie einen ungefähren logischen Ablauf der Befragung festgelegt. Der Befragte wird jedoch zunächst nicht in seinen Antworten eingeschränkt, sondern durch Nachfragen und Präzisierungen gelenkt.

Unstrukturiertes bzw. offenes Interview: Bei diesem Interview werden dem Befragten nur der Hintergrund der Erhebung und das Ziel vorgestellt. Die Antworten werden von dem Fragenden nur nach Bedarf präzisiert. Der Befragte wird jedoch weder unterbrochen noch durch Vorgaben gelenkt.

Eine besondere Form des Interviews ist das *Teach-Back* (-Interview). Hierbei wird der Sachverhalt, so wie er von dem Analysten aus den vorhergehenden Befragungen aufgenommen wurde, im Beisein von Experten wiedergegeben, so dass sie das Verständnis entsprechend ergänzen und korrigieren können.

Fragebogenmethode

Bei dieser Methode werden Experten Fragebögen mit vorgegebenen Fragen vorgelegt.

Dieser kann sowohl offene, ohne vorgegebene Antwortalternativen als auch geschlossene, mit vorgegebenen Antwortalternativen, Fragen beinhalten. Anschließend werden die ausgefüllten Fragebögen von den Analysten ausgewertet.

Kommentieren

Diese Methode wird häufig auch als „lautes-Denken" bzw. *think-aloud* Methode bezeichnet. Hier wird dem Experten zunächst ein Problem beleuchtet. Dieser muss nun sein Vorgehen zur Lösung des Problems so detailliert wie möglich erklären. Das Vorgehen wird aufgenommen und anschließend analysiert.

Weitere Aufnahmemethoden werden hier nur kurz umrissen:

Tutorial: hier doziert der Experte direkt zu einem Sachverhalt oder einem bestimmten Wissensbereich.

Beobachtung: der Analyst beobachtet den Experten bei der Problemlösung. Allerdings bietet diese Technik nur wenig Aufschluss bezüglich der Methode der Problemlösung.

Protokollanalyse: bei dieser Methode können die Experten bei der Ausführung ihrer Aufgaben aufgezeichnet werden (Video- bzw. Beschreibungsprotokolle). Bei Videoprotokollen bietet es sich an, den Experten bei der Ausführung seiner Aufgaben zum lauten Denken zu animieren, um die Protokollanalyse später einfacher durchführen zu können.

Brainstorming: hier können schnell und unstrukturiert Informationen oder Ideen zur Lösung eines bestimmten Problems bzw. bezüglich eines Vorgehens oder eines Themenbereichs gesammelt werden.

3.1.5.2. Methoden zur Exploration des impliziten Wissens

Diese Methoden werden auch als indirekte Methoden bezeichnet (Olson and Rueter (1987)), weil hier der Experte nicht direkt nach seinem Wissen bzw. Erfahrungen aus seinem Wirkungskreis befragt wird. Vielmehr sollen hier in Zusammenarbeit mit dem Analysten die Beziehungen zwischen Objekten aus der betrachteten Wissensdomäne erhoben werden. Diese Methoden sind in Situationen sinnvoll, in welchen der Experte seine Entscheidungen bzw. Tätigkeiten aufgrund von nicht bewussten bzw. nicht einfach auszudrückenden Aspekten trifft.

Repertory Grid: Durch diese Technik werden Objekte in einer bestimmten Wissensdomäne und die Beziehungen zwischen ihnen vom Experten identifiziert und die entsprechenden Schwerpunkte durch punktuelle Bewertung von dem Experten gelegt. So können Konzepte explizit dargestellt und bewertet werden. Der Ursprung dieser Technik liegt in der klinischen Psychologie. Sie dient dazu, Objekte zu identifizieren, die für den Patienten von großer Bedeutung sind. Das Verfahren bietet die Vorteile eines strukturierten Interviews und erlaubt es trotzdem offene und verdeckte Informationen zu erfassen.

Laddering: Ist ein Oberbegriff für Techniken, mit welchen eine Hierarchiestruktur der Begriffe bzw. Objekte der beobachteten Wissensdomäne erstellt werden kann. So können die s.g. Zielbäume (*goal trees*) und Entscheidungsbäume (*decision trees*) entstehen.

Mit *laddering* können sowohl Konzepte als auch Beziehungen zwischen den Objekten dargestellt werden. Dieser Begriff ist auch im Marketingbereich anzutreffen und dient dazu, Zusammenhänge zwischen Produktmerkmalen und deren subjektiven Nutzen aufzudecken. Das Vorgehen beinhaltet ein strukturiertes Interview, in dem der Experte alle relevanten Objekte bzw. Aspekte seiner Wissensdomäne in eine Hierarchie von Typen und sub-Typen einordnet.

Card Sorting: bei dieser Methode werden Objekte auf Karten geschrieben, die helfen sollen das Wissen zu strukturieren. Die Karten werden entsprechend in Stapel, je nach Zugehörigkeit zu einer Kategorie, vom Experten eingeordnet. Auch diese Methode dient dazu, Konzepthierarchien darzustellen und zu klassifizieren.

Multi-dimensionale Skalierung: Dies ist ebenfalls eine Technik zur Strukturierung bzw. Sortierung von Wissen. Häufig werden hier die Objekte bezüglich der Ähnlichkeit zu einem bestimmten Merkmal bewertet und eingeordnet. Experten können dieses so entstandene Diagramm für eine weitere Analyse und Beschreibung nutzen.

20 Fragen: Diese Technik wird dann eingesetzt, wenn Information bzw. die Zeit bewusst für den Experten eingeschränkt werden. Die Art der Fragen und ihre Reihenfolge wird von dem Wissensanalysten dazu verwendet, ein anschließendes Interview mit dem Experten zu führen. Dadurch wird ein effizienter Zugang zu den Kernaspekten bzw. Kerninformationen der Wissensdomäne ermöglicht.

Von diesen Techniken wurde z.B. das *repertory grid* von Boose (1985, 1989) explizit für den Entwurf von Expertensystemen und regelbasierten Systemen vorgeschlagen.

Zur Identifikation von Geschäftsregeln eignen sich natürlich auch *Workshops* bzw. *Expertengespräche*, in welchen die Experten aufgerufen werden, die Geschäftsregel aufzuzählen, die ihnen bewusst sind. Wichtig ist, dass die Experten sich dabei im Klaren sind, ob sie die aktuellen oder potenziell notwendigen Geschäftsregeln identifizieren[2]. Der Vorteil bei diesem Vorgehen ist die Tatsache, dass die Regeln in der Geschäftssprache mit dem unternehmenseignen Vokabular ausgedrückt werden und auch die Regeln erwähnt werden, die nicht unbedingt in einem System implementiert sind bzw. ausdrücklich befolgt werden, erfasst werden müssen. Diese Verfahren zeichnen sich jedoch sowohl für den Analysten als auch für den Experten durch einen langen, zeit- und evtl. kostenintensiven Prozess aus.

Nun sollen die Techniken der Wissensidentifikation, die von bereits vorhandener Information zum betrachteten Problemfeld ausgehen bzw. die vorhandene Information bezüglich des vorliegenden Problems analysieren, betrachtet werden. Bei der bereits vorhandenen Information kann es sich neben der Prozessdokumentation und evtl. Regelwerken des Unternehmens um den Programmcode von prozessunterstützenden Anwendungssystemen handeln oder um bereits vorhandene Prozessmodelle. Diese Methoden werden als Methoden der Sekundäranalyse zusammengefasst.

[2]Wie ein solcher Workshop vorbereitet und durchgeführt werden kann beschreibt z.B.: Gottesdiener (1999).

3.1.5.3. Sekundäranalyse: Identifikation von Geschäftsregeln aus dem Programmcode

Die Fragestellung bezüglich Identifikation und Extraktion der Geschäftsregeln aus den bereits vorhandenen Anwendungssystemen wird sowohl in der Forschung als auch in der Praxis seit dem Anfang der 1990er Jahre behandelt (Wang et al. (2004, 2008), Sneed and Erdos (1996), Shao et al. (2002), Huang et al. (1996)). Das Thema ist insbesondere für die Bereiche der Softwareinstandhaltung (*software maintainance*) und *software reverse engineering* relevant. In letzter Zeit nimmt die Problematik, die aus der Umstellung der Anwendungssysteme bzw. ihrer Anpassung an die sich erneuerte Architektur entstanden ist, an Bedeutung zu. Die Ansätze zur Extraktion und Wiederentdeckung der Geschäftsregeln, die direkt in den Programmcode integriert wurden, finden also immer mehr Zuspruch[3]. Es ist allerdings nur schwer möglich eine vollständige Automatisierung dieses Vorgehens zu erreichen, da die Geschäftslogik häufig wenig strukturiert und auf unterschiedlicher Granularitätsebene umgesetzt wurde. Hierbei ist insbesondere eine Zusammenarbeit mit dem Fachbereich bzw. mit den Systemexperten (Shao and Pound (1999), Wang et al. (2004)) für eine umfassende und adäquate Erhebung der Geschäftsregeln unbedingt notwendig. Jedoch stehen diese Beteiligten häufig nicht mehr zur Verfügung, da die Konzeption des betrachteten Systems bereits mehrere Jahre zurückliegt.

Bei Extraktion von Geschäftsregeln aus einem System kann zwischen zwei möglichen Ansätzen unterschieden werden. Zum einen können die Geschäftsregeln aus den Datenbanken und Datenmodellen und zum anderen aus der Anwendung bzw. aus dem dazugehörigen Programmcode extrahiert werden. Es gibt darüber hinaus Ansätze, die diese beiden Sichtweisen kombinieren.

Während die Extraktionstechniken, die die Geschäftsregeln aus Datenbanken gewinnen, die Informationstechniken des Data Minings benutzen (Paul and Prakash (1996)), greifen die anwendungsorientierten Ansätze auf die Techniken aus dem Bereich des *program understanding* (Paul and Prakash (1996)), also der Code-Analyse für weiteres Verständnis des Programms bzw. Programmverwaltung und des -Debugging, zurück. Hier seien nur einige von ihnen genannt: *program algebra* (Ponse and van der Zwaag (2006)), Variablenidentifikation (Huang et al. (1996), Chen (1994)), Programmmustererkennung (*program patterns*) (Palthepu et al. (1997)) sowie *program slicing* (Horwitz et al. (1990), Weiser (1981)).

Unter dem *program slicing* wird das Aufspalten des Programms in kleinere, klar abgegrenzte Programmteile verstanden, die gemäß einem bestimmten Algorithmus und basierend auf dem Datenfluss definiert werden. So kann das Programm reduziert werden, ohne es in seinem Verhalten zu verändern. Bei der Variablenidentifikation wird auch nach einer bestimmten Heuristik nach ausschlaggebenden Größen im Programm gesucht. Es können Ein- und Ausgangsgrößen des gesamten Systems sein oder Ein- und Ausgangsgrößen einer bestimmten Funktion. Dafür können bestimmte Schlagworte wie „*write*“, „*read*“ bzw. mathematische Ausdrücke wie „*calculate*“, „*add*“, etc. benutzt werden. Die Programmalgebra bietet eine Ontologie für Programme und somit ein Rahmenwerk zum Verständnis

[3] Dazu wurde im September 2009 ein Workshop mit IBM IT-Architekten an der Technischen Universität Berlin durchgeführt.

von sequenziellen Programmen an (Ponse and van der Zwaag (2006), Bergstra and Loots (2000)). Bei der Programmmustererkennung wird der Code nach bestimmten, vorher fest gelegten Mustern automatisch durchsucht (Paul and Prakash (1996)).

Sneed and Erdos (1996) sehen die Geschäftsregeln als eine Menge von Bedingungsoperationen, die einem gegebenen Datenergebnis zugewiesen werden. Deswegen geht ihr Ansatz davon aus, dass die Kenntnis des produzierten Datenergebnisses unabdingbar für die Extraktion von Geschäftsregeln ist. Die Regelidentifikation ist somit eng mit der Identifikation von Daten, die die Geschäftsregeln als Input benutzen, verbunden.

Eine weitere Technik Geschäftsregeln aus dem Programmcode heraus zu extrahieren ist das s.g. Ernten von Geschäftsregeln (*business rules harvesting*) (Taylor and Raden (2007), Bonnet et al. (2010)). Hier wird der Programmcode, meist automatisch, nach Regelausdrücken durchsucht; die Ausdrücke werden gespeichert und ggf. verlinkt, um den Kontext und somit die Geschäftsaktivität bereitzustellen. Die Sammlung von Regeln kann so schnell und nachhaltig erfolgen, da die Regeln direkt gespeichert werden. Das Verfahren ist jedoch sehr von den definierten Suchkriterien abhängig. So kann es passieren, dass wenn die Suchkriterien nicht umfassend genug sind, nur wenige oder falsche Ausdrücke als Regeln identifiziert werden können. Auch der Geschäftskontext ist bei diesem Vorgehen schwer zu fassen. Dadurch können die Regeln an Aussagekraft verlieren.

Zusammenfassend müssen für die Regelextraktion aus dem Programmcode eines Altsystems einige Bedingungen erfüllt sein: zunächst soll die Variablenbezeichnung für den Analysten, der mit dem Code arbeitet, aussagekräftig sein. Der Analyst muss zudem die Bezeichnungen für die wichtigsten Geschäftsergebnisdaten kennen. Das bedeutet, dass die Bezeichnungen, die im Fachbereich für bestimmte Geschäftsobjekte verwendet werden, und die die bei den Entwicklern verwendet werden, angeglichen werden müssen. Es muss also ein Geschäftsvokabular geschaffen werden. Um diese Begriffe oder Programmelemente, die auf eine Geschäftsregel hindeuten, automatisch identifizieren zu können, muss zudem ein entsprechendes (Software-)Werkzeug bzw. ein Algorithmus vorliegen. Eine Technik zur Datenflussanalyse sowie eine Darstellungstechnik für die gefundenen Geschäftsregeln sind zudem wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Extraktion der Geschäftsregeln aus dem Programmcode.

3.1.5.4. Sekundäranalyse: Identifikation der Geschäftsregeln aus dem Prozessmodell oder - Beschreibung

Das Paradigma der Prozessorientierung wird bereits bei zahlreichen Unternehmen gelebt. So verfügen diese bereits über zahlreiche Prozessdiagramme bzw. über formalisierte Prozessbeschreibungen. Diese zielen auf die Abläufe und auch auf die Organisationsstruktur der Prozesse ab. Trotz des Schwerpunkts wurde während der Prozessaufnahmen auch die Prozesslogik (zumindest die Ablauflogik) aufgenommen. Somit stellt sich die Frage wie aus den bereits vorhandenen Prozessmodellen das implizite Wissen extrahiert werden kann. Im Folgenden werden einige Ansätze aus der Wissenschaft und Praxis vorgestellt. Diese gehen entsprechend top-down vor, d.h. sie gehen von Prozessbeschreibungen und -Zielen aus, um daraus Geschäftsregeln ableiten zu können.

Bubenko and Wangler (1993) beschreiben ein Vorgehen zur Bestimmung der Anforderungen an ein Anwendungssystem und gehen dabei stark auf die Geschäftsregeln ein. Der Geschäftsregelansatz wird hier zum besseren Verständnis der Fachabläufe und zur besseren Verständigung zwischen den Benutzern und Entwicklern verwendet. Um die Geschäftsregeln zu identifizieren, benutzen sie einen strukturierten und hierarchischen Ansatz der Verfeinerung von Zielen und Mitteln, die in den Einschränkungen der Außenwelt, die an den Prozess gestellt werden, vorhanden sind. Dabei benutzen sie den Ansatz der *strukturellen Analyse* (DeMarco (1979)). Das ist ein top-down Ansatz, der von den Geschäftsfunktionalitäten ausgeht; diese werden so dekomponiert, dass eine Funktion einem der spezifizierten Geschäftsziele entspricht. Diese Aufteilung wird solange vorgenommen, bis die Funktion für den Analysten soweit verständlich wird, dass er oder sie sowohl die Eingangsdaten als auch ihre Transformation in die Ausgangsdaten dieser Funktion benennen und darstellen kann.

McBrien and Selveit (1995) schlagen eine Technik vor, bestimmte Typen von Geschäftsregeln mit Elementen aus dem Geschäftsprozessmodell zu verbinden. Das Ziel dieser Technik ist es, die unterschiedlichen Sprachen zur Regel- und Prozessmodellierung zu verbinden, um sie gerade in verteilten Umgebungen nutzen zu können. Somit dient das Prozessmodell als Basis für die Identifikation von Geschäftsregeln und kann dazu verwendet werden, Kommunikation zwischen unterschiedlichen Unternehmensbereichen zu etablieren. Hier werden die ECA-Regeln in den Mittelpunkt der Untersuchung gestellt. Die Identifikation der Regeln basiert auf den In- und Outputs des Prozessschrittes, die somit den logischen Prozessprozessablauf beschreiben.

Knolmayer et al. (1997) vertreten die Ansicht, dass in der Analysephase eines betrieblichen Anwendungssystems, die Identifikation der Geschäftsregeln ein zentrales Ergebnis darstellt. Dabei betrachten sie die Geschäftsregeln aus der Sicht der Modellierung und anschließender Prozessautomatisierung und stellen somit die event-action, event-condition-action und event-condition-action-alternaive action (*ECAA*)- Regeln in den Mittelpunkt ihrer Betrachtung. Sie schlagen eine Methode zur regelbasierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Workflows vor. Als Ergebnis dieser Methode entsteht eine strukturierte Regelmenge, die den Geschäftsprozess auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen repräsentiert. Die Prozessdefinition und die entsprechende Logik werden in einer Detailtiefe aufgenommen, die eine automatisierte Prozessausführung ermöglicht.

Barbara von Halle schlägt in (von Halle (2002)) ein Ansatz zur Identifikation, Dokumentation und Implementierung von Geschäftsregeln vor. Dieser Ansatz basiert auf den Prinzipien der Wiederverwendbarkeit und Änderbarkeit von Geschäftsregeln. Hier wird die Forderung formuliert, dass die Geschäftsregeln von anderen Anforderungen und dem eigentlichen Prozess getrennt werden sollen. Auch wird hier die Forderung formuliert, dass eine Geschäftsregel von ihrem Ursprung aus bis zu dem von ihr verursachten Effekt dokumentiert und verwaltet werden soll, um die Änderung, die durch diese Regel verursacht wurde, nachvollziehen zu können.

Bry et al. (2006) betrachten die ECA-Regeln, um Geschäftsprozesse aus der Sicht ihrer Automatisierung zu beschreiben. Der Fokus der Arbeit liegt auf der Ausführbarkeit und Beschreibung von Regeln als Web Services; dafür soll eine XML-nahe Sprache, X-Change, eingesetzt werden. Um die ECA- Regeln ausführbar zu machen, muss der Prozess bezüg-

lich der auftretenden Ereignisse beobachtet werden. So entsteht eine ereigniszentriere Prozessspezifikation und der Prozess selber ist als eine Abfolge der eingetretenen Ereignisse sichtbar. Im Workflow-Kontext werden die Ereignisse aufgenommen, die durch Anfangen oder Beenden einer bestimmten Prozessaktivität entstehen. Dabei werden die *Geschäftsregeln aus dem Kontrollfluss* (also den Verzweigungen im Prozessmodell) abgeleitet. Dieses Vorgehen erlaubt eine der Problemstellung entsprechende vollständige Erfassung der Prozesslogik, da der Fokus hier nur auf die ECA-Regeln gelegt wird.

Graml et al. (2007) schlagen eine "pragmatische Vorgehensweise" vor, Geschäftsprozesse und Geschäftsregeln zusammenzubringen, so dass die Regeln Prozessentscheidungen, Beschränkungen und Subprozesse beinhalten. Damit soll eine bessere Agilität der Prozesse ermöglicht werden. Dafür schlagen sie Modellierungsmuster (*patterns*) vor, die die Geschäftsprozesse agiler bzw. flexibler gestalten sollen. Dabei heißt ein Geschäftsprozess *agil*, wenn sein Kontrollfluss, Datenfluss und die Aktivitäten des gesamten Prozesses während der Run-Time verändert werden können. Die Autoren gehen davon aus, dass die Geschäftsregeln bereits implizit in den Geschäftsprozessen enthalten sind und anstatt sie hinzuzufügen, müssen diese aus dem Prozess extrahiert werden, um diesen agiler zu machen. Die Teilprozesse werden mithilfe der Geschäftsregeln verknüpft. Dabei werden hier Ableitungs-, Einschränkungs- und Prozessregeln betrachtet. Die Ableitungsregeln (*derivation rules*) sind oft durch Verzweigungen in Geschäftsprozessmodell repräsentiert (*gateways*); Einschränkungen (*constrains*) sind Entscheidungen im Geschäftsprozess; Die Prozessregeln werden aus den zeitlichen und logischen Abhängigkeiten der Aktivitäten abgeleitet. Für die Identifikation der Geschäftsregeln bedeutet das, dass sie zum einen aus dem Prozessmodell abgeleitet werden. Zum anderen werden auch die Geschäftsobjekte, die allerdings von den Autoren nicht als solche bezeichnet werden, betrachtet. Graml et al. (2007) beschreiben diese als: *product data, order, price*. Des Weiteren wird hier kein systematisches Vorgehen zur Abdeckung aller relevanten Geschäftsobjekte vorgestellt. Die Erfassung der gesamten Geschäftslogik bleibt also dem Analysten überlassen.

Eijndhoven et al. (2008) schlagen eine Methode und technische Lösung vor, die eine Anpassung des Geschäftsprozesses an einen bestimmten Kontext erlaubt, indem die variablen von den wiederverwendbaren Teilen des Geschäftsprozesses isoliert werden. Dabei werden die wiederverwendbaren Teile mit den variablen Teilen (den Geschäftsregeln) kombiniert. Diese Methode soll eine dynamische Musterbasierte (*pattern*)-Komposition erlauben. Auch hier liegt der Fokus auf den ECA-Regeln, da hier die automatisierten Prozesse, also Workflows betrachtet werden. Für die Beschreibung der Geschäftsregeln wird die Notation von Knolmayer et al. (1997) benutzt. Das Isolieren der variablen Prozessteile führt dazu, dass die Auswirkungen der möglichen Änderungen klein gehalten werden. Um diese variablen Stellen zu identifizieren, wird von den Autoren folgendes Verfahren vorgeschlagen: zunächst soll eine allgemeine (generische) Prozessbeschreibung geschaffen werden; danach werden die Variabilitätspunkte identifiziert und explizit gemacht. Diese grobe Vorgehensweise besteht meist aus mehreren weiteren Schritten: Anfangs wird eine Schätzung über die Häufigkeit der möglichen Änderungen des Änderungspunktes gemacht. Basierend auf dieser Information wird entschieden, welche der Variabilitätspunkte als Geschäftsregeln modelliert werden und welche als statisch betrachtet werden. Für die Variabilitätspunkte, die mit Geschäftsregeln modelliert werden sollen, müssen

zunächst Workflow-Muster (*patterns*), die die unterschiedlichen Varianten modellieren sollen, identifiziert werden. Anschließend werden die Geschäftsregeln modelliert bzw. beschrieben, um sie implementieren zu können; Hier ist die Wahl der Ereignisse wichtig, da auch hier ECA-Regeln betrachtet werden. Die Teile des generischen Geschäftsprozesses, die nicht als Geschäftsregeln modelliert wurden, müssen mit einer Geschäftsprozessmodellierungssprache, inkl. der Interaktionspunkte zwischen der automatischen Ausführung der Geschäftsprozesse und der der Geschäftsregeln, modelliert werden.

Dieses Verfahren bezieht sich auf die ECA-Regeln. Diese werden als flexible Elemente in einem Geschäftsprozess betrachtet, über welche eine Veränderung implementiert werden kann.

Mircea and Andreescu (2009) führen die Regelidentifikation anhand eines Anwendungsfalls durch. Dabei sollte ein Indikatorensystem entwickelt werden, um die Leistung (*performance*) einer betrachteten Prozessgruppe zu bewerten. Das Vorgehen besteht aus folgenden Schritten:

- Ziele für diese Prozessgruppe identifizieren;
- Leistungsindikatoren ableiten;
- Jedes dieser Indikatoren als eine Geschäftsregel beschreiben;
- Die Geschäftsregeln als Services in einer SOA publizieren.

Dieses Verfahren geht auf keinen bestimmten Regeltyp ein und dient dazu, ein System zur Leistungsüberwachung der Prozesse zu entwickeln.

Visual Rules: Innovation Systems ist ein Hersteller der Software zur Modellierung und (serviceorientierten) Umsetzung von Geschäftsregeln. Hier wird das von ihnen vorgeschlagene Vorgehen zur Regelidentifikation vorgestellt. Bei dem Vorgehen zur Identifikation von Geschäftsregeln, das das Business Rules Management System Visual Rules® begleitet, werden zunächst zwei Ebenen, die logische und die physische, unterschieden, auf welchen sich die Geschäftsregeln befinden können. Der Prozess beinhaltet noch die Phasen der Qualitätskontrolle der Regeln sowie ihre softwaretechnische Umsetzung. Um die Regeln auf der logischen Ebene identifizieren zu können werden folgende Schritte vorgeschlagen:

- Schneiden der fachlichen Funktionen auf abstrakter Ebene;
- Organisation und Klassifizierung der Regeln;
- Aufbau einer Regeltypologie: z.B. Funktionen, Berechnungen, Ausnahmen;
- Aufbau einer Taxonomie, insbesondere formale Namenskonventionen für Regeln;
- Erstellen von Metadaten, beispielsweise für die Definition unterschiedlicher Versionen von Services;
- Identifizierung von Entscheidungen, Festlegung des Änderungskontroll-Mechanismus;

- Definition deklarativer Geschäftsregeln, Modellierung der Geschäftslogik;
- Identifizierung der Entscheidungen mit den zugehörigen Regelwerken und wie diese mit der Geschäftslogik innerhalb der Prozesse und Workflows integriert sind;
- Verwendung spezifischer Regelvorlagen;
- [...]
- Spezifikation von Regeln für das Policy Enforcement in SOA.

Die physische Ebene behandelt die werkzeugunterstützte Darstellung und Umsetzung der Geschäftsregeln und weniger ihre Identifikation. Dieses Verfahren zielt formell auf keinen bestimmten Regeltyp ab, beschäftigt sich dennoch vorwiegend mit der Identifikation von Entscheidungen. Die Basis der Identifikation ist hier nicht gegeben. Diese kann also entweder anhand eines Prozessmodels, „auf der grünen Wiese“ oder angesichts der bereits implementierten Geschäftsprozesse erfolgen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis aktuell kein robustes oder automatisiertes Vorgehen zur Identifikation von Geschäftsregeln existiert. Ein möglicher Grund kann darin liegen, dass die Geschäftslogik häufig nicht als ein eigenständiger Teil des Prozessablaufs betrachtet und so bei der Dokumentation nicht berücksichtigt wurde. Um dieses Wissen nun zu extrahieren, können zum Teil die Techniken der Wissensakquise aus dem Wissensmanagement angewandt werden. Eine Standardisierung oder Automatisierung dieses Verfahrens ist jedoch nicht trivial und muss je nach Analyseschwerpunkt angepasst werden.

3.2. Vorgehensmodell zur Extraktion der Geschäftsregeln

In diesem Abschnitt soll ein Vorgehensmodell zur Extraktion von Geschäftsregeln aus einem Prozessmodell oder einer Prozessbeschreibung vorgestellt werden. Es basiert auf den oben vorgestellten Ansätzen aus der Forschung und Praxis, erweitert diese jedoch um zusätzliche Aspekte. Die Anwendung des Vorgehensmodells wird in dem Abschnitt 9 beschrieben und evaluiert.

Zunächst soll an dieser Stelle die Beziehung zwischen den Geschäftsregeln, Geschäftsprozessen und Geschäftsobjekten (*business objects*, BO) verdeutlicht werden. Ein Geschäftsprozess wird gemäß einer bestimmten (Ablauf-)Logik durchgeführt. Dabei wird ein bestimmter Input in einen bestimmten Output, der einen Mehrwert für den Kunden darstellt, überführt. Das heißt, dass ein Geschäftsprozess ein bestimmtes Ziel verfolgt. An dieser Transformation sind unterschiedliche Akteure beteiligt. Da der Prozess in einer bestimmten Umwelt situiert ist, haben viele externe und interne Größen direkten oder indirekten Einfluss auf dessen Verlauf und Ergebnis. Die Größen, die einen direkten Einfluss auf die Prozessausführung bzw. das Prozessergebnis haben (können), werden zur relevanten Umwelt des Prozesses gezählt und als Geschäftsobjekte bezeichnet (siehe auch Abschnitt 2.1.1). Diese können somit Quellen oder Senken für Geschäftsregeln bzw. Prozessverände-

rungen sein, und werden deswegen zusätzlich zu den direkt am Prozessverlauf beteiligten Elementen in Betracht gezogen[4].

Für die Prozesse bedeutet das, dass die Geschäftsregeln durch Änderungen der Geschäftsobjekte (oder ihrer Zustände) aktiviert werden können[5]; dies kann einen entsprechenden Einfluss auf den Prozessablauf haben. Des Weiteren findet die Geschäftsregelidentifikation im Rahmen einer Systemanalyse im Unternehmen statt (siehe Abschnitt 2.4.2) und ergänzt somit die zu untersuchenden Aspekte wie die Prozess- oder Datenstruktur um den Aspekt der Geschäftslogik.

3.2.1. Allgemeine Herangehensweise

Die Systemanalyse im Unternehmen verläuft in bestimmten Phasen (siehe Frank et al. (2007) bzw. Abschnitt 2.4.2) und hat die Aufnahme und anschließende Verbesserung der bestehenden Prozessabläufe zum Ziel. Wird die klassische prozessorientierte Systemanalyse um die Betrachtung der Geschäftsregeln erweitert, so bietet sich die in Abbildung 3.2.1 dargestellte Integration dieses Aspektes in das allgemeine Vorgehen an:

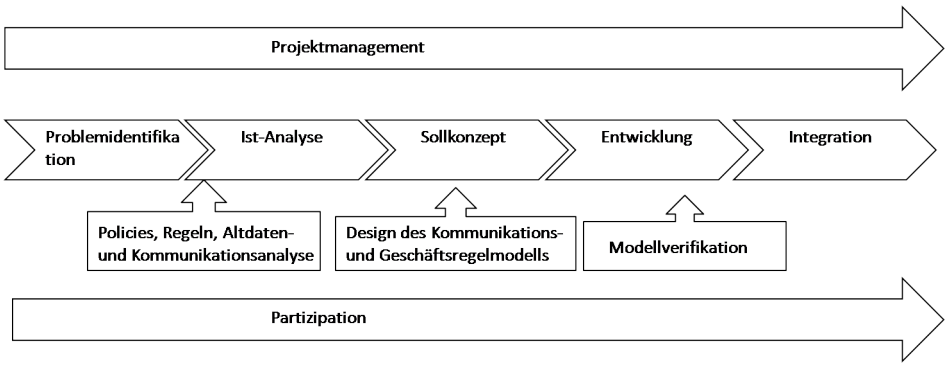


Abbildung 3.2.1.: Integration der Geschäftsregeln in die klassische Systemanalyse nach Krallmann et al. (2002) (Levina (2009))

Das bedeutet, dass auch in den Phasen der Istaufnahme, Sollkonzeption und Entwicklung der Aspekt der Geschäftsregeln berücksichtigt werden soll. Die geschäftsregelorientierte Prozessanalyse verfolgt den Ansatz, dass das System erst dann verstanden werden kann, wenn auch seine Kontrollstrukturen erhoben und analysiert wurden. Allerdings gestaltet sich die Identifikation und Externalisierung der Geschäftsregeln aus einer vorliegenden Prozessbeschreibung oder einem Prozessmodell häufig als schwierig (siehe 3.1.5). Hier soll eine Vorgehensweise zur Regelidentifikation vorgestellt werden, die als eine Struktur bei der Extraktion des Expertenwissens dienen soll. Dabei dienen das Prozess- und das Analyseziel als wichtige Anhaltspunkte für die Identifikation von

[4] Insbesondere die Zustände von Geschäftsobjekten bzw. deren Änderungen sind im Kontext des Geschäftsprozessmanagements von Bedeutung.

[5] Insbesondere kann daraus eine Beschränkungs- oder eine Verbot-Regel entstehen, die auch einen Einfluss auf die Prozessregeln haben kann.

Regelquellen und –Senken. Die Abbildung 3.2.2 stellt die Grobstruktur des Vorgehens dar:

Abbildung 3.2.2.: Grobgranularer Ablauf zur Identifikation und Extraktion der Geschäftsregeln (eigene Darstellung)

Dabei geht das Vorgehen von den Prozess- und Analysezielen aus und definiert, welche Objekte einen Einfluss auf das jeweilige Erreichen haben können. Abhängig davon kann der Fokus auf eine bestimmte Art der Geschäftsregel bzw. eine bestimmte Untermenge der relevanten Geschäftsobjekte gesetzt werden. Nachdem eine Menge an potenziellen Objekten geschaffen wurde, wird sie bezüglich ihrer direkten Relevanz für das Analyseziel gefiltert. In weiteren Schritten wird definiert, welche Bedingungen oder Einschränkungen von diesen Objekten gestellt werden, die das Prozessziel beeinflussen können.

Unter dem Analyseobjekt (siehe 3.2.1) wird im Kontext der Geschäftsprozessanalyse der Geschäftsprozess verstanden. Die Geschäftsobjekte (hier als *actors* oder *elements* bezeichnet) werden zunächst identifiziert und im nächsten Schritt bezüglich ihrer Relevanz bewertet (siehe Abbildung 3.2.4). Die von den als relevant eingestuften Objekten ausgehenden Regeln werden bestimmt und formalisiert (z.B. modelliert). Dabei ist zu beachten, dass dieser Prozess sich hauptsächlich für die Bestimmung von Beschränkungs- und teilweise Ableitungsregeln eignet. Die deklarativen Geschäftsregeln können nur bedingt aus einem Prozessmodell abgeleitet werden.

In der Abbildung 3.2.3 sind die einzelnen Prozessschritte dieses Vorgehens dargestellt. Sie werden im Weiteren kurz erläutert.

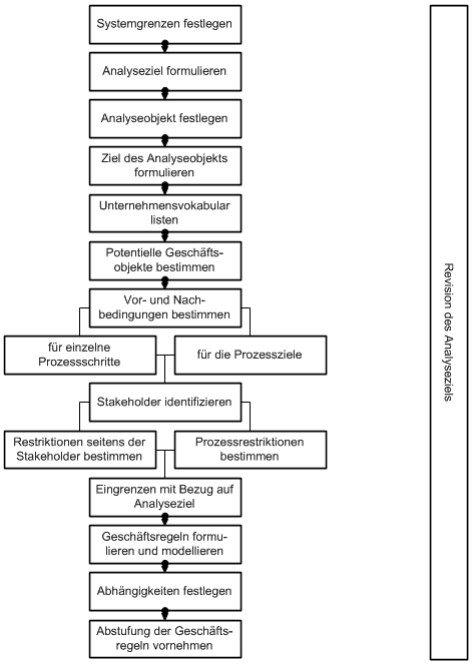


Abbildung 3.2.3.: Vorgehen zur Identifikation und Extraktion von Geschäftsregeln (Levina et al. (2010a))

Wie bereits oben erwähnt, sollen zunächst das Analyse- und das (im gegebenen Kontext) Prozessziel identifiziert werden. Um einen konsistenten Gebrauch der verwendeten Begriffe zu gewährleisten, muss ein Glossar erstellt werden. Danach sollen die potenziellen Geschäftsobjekte identifiziert werden. Dafür ist neben einer Analyse der Geschäftsprozesse, dem Rollen- und möglichst Datenmodell auch eine Analyse der direkten und indirekten Umwelt, wie sie vom Unternehmen selber definiert wird, notwendig.

Die Identifikation der Voraussetzungen für die Prozessausführung und der Anforderungen, die nach der Ausführung des Prozessschrittes erfüllt sein müssen, erlaubt die Identifizierung von Größen, die einen Einfluss auf die erfolgreiche Ausführung des Prozesses haben können. Dabei können die Prozessbeschreibungen sowie das Rollenmodell aber auch zusätzliche Interviews mit Prozessverantwortlichen und Akteuren in die Analyse einbezogen werden. Zusätzliche Informationen über relevante Geschäftsobjekte können durch eine gezielte Identifikation von Stakeholdern des betrachteten Prozesses gewonnen werden. Anschließend werden die Einschränkungen, die von den relevanten Stakeholdern ausgehen, aufgenommen und auf den Prozess bezogen. Diese Einschränkungen werden zusätzlich auf ihre Relevanz bezüglich des Analyseziels überprüft und in Modellen oder Geschäftsregelbeschreibungen zusammen gefasst.

3.2.2. Bewertung der Relevanz einzelner Geschäftsobjekte

Im Laufe des Vorgehens zur Identifikation von Geschäftsregeln ist zu beachten, dass die Relevanz der identifizierten Geschäftsobjekte stets überprüft werden soll (dafür wird in

Abbildung 3.2.4 ein Entscheidungsbaum vorgeschlagen) und dass die in jedem Schritt des beschriebenen Vorgehens angefallenen Geschäftsregeln dokumentiert und modelliert werden müssen.

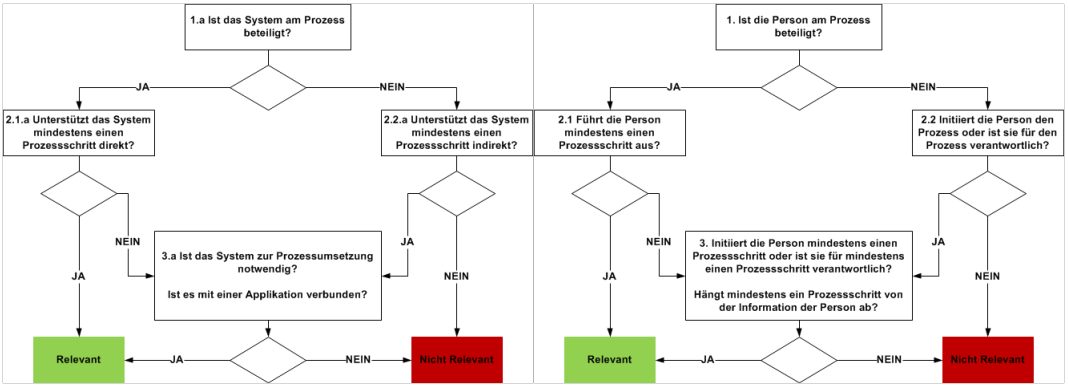


Abbildung 3.2.4.: Entscheidungsbaum zur Entscheidung über die Betrachtung einer bestimmten Person bzw. eines Systems als Geschäftsobjekt (Levina et al. (2010a))

Sind die Geschäftsregeln modelliert, werden sie auf gegenseitige Abhängigkeiten und potenzielle Konflikte untersucht. Sind diese aufgelöst bzw. behoben, können die Regeln nun gemäß ihrer strukturellen Zugehörigkeit klassifiziert werden.

3.3. Ereignisse- Definition und Ereignisorientierung

Zu den Elementen, die das Prozessverhalten bestimmen, gehören neben den Geschäftsregeln auch die Geschäftsereignisse und die Informationstransformation im Prozess. An dieser Stelle soll nun der Begriff „Ereignis“ erläutert werden. Da es sich um einen abstrakten Begriff handelt, der in diversen Kontexten verwendet wird, unterscheidet sich seine Bedeutung entsprechend dem Anwendungsgebiet. Um eine operationalisierbare Definition zu entwickeln, die für den Kontext der Geschäftsprozesse geeignet ist, werden hier zunächst allgemeine Definitionen der Ereignisse betrachtet, um anschließend eine für den Kontext geeignete Definition ableiten zu können.

Der Begriff des Ereignisses kommt in vielen Bereichen der Wissenschaft jedoch auch im Alltag vor. Hier sollen exemplarisch einige dieser Anwendungsbereiche diskutiert werden. Umgangssprachlich kann ein Ereignis als „*notable thing that happens*“ (Michelson (2006)) definiert werden. Allerdings verlagert diese Definition den Erklärungsschwerpunkt auf das Geschehen, so dass das Ereignis selber nur als ein Etwas (*thing*) beschrieben wird.

Ereignisse können aufgrund der von ihnen beschriebenen Ergebnisse, ihres zeitlichen Auftretens und ihres Ursprungs beschrieben werden. Kim (2005) definiert Ereignisse als Instanziierung von Eigenschaften und als komplexe Mengen von Objekten X, Eigenschaften P und Zeit t. Demnach existiert ein Ereignis zu einem Zeitpunkt t und repräsentiert die konkrete Eigenschaft P des Objektes X.

Davidson (1980) geht von einer anderen Klassifizierung der Ereignisse aus. Die Leitfrage hier ist die Gleichheit von zwei Ereignissen. Zwei Bedingungen für die Gleichheit wurden von Davidson (1980) aufgestellt: Zwei Ereignisse können genau dann und nur dann gleich sein, wenn sie genau die gleichen Ursachen und Wirkungen besitzen. Diese Bedingung ist jedoch insofern zirkulär, als die Ursachen und Wirkungen eines Ereignisses auch Ereignisse sein können. Aus diesem Grund wird von Davidson (1980) eine weitere Bedingung für die Gleichheit zweier Ereignisse aufgeführt: das raum-zeitliche Kriterium. Danach sind zwei Ereignisse genau dann gleich, wenn sie genau am gleichen Ort und zur gleichen Zeit auftreten (Davidson (1985, S. 175)). Diese Aussage lässt sich auch gut mit der Ereignisdefinition von Kim (2005) vereinbaren, da sie den Ort und die Zeit des Auftretens berücksichtigt. Davidson (1985) führt ebenfalls das Ursache-Wirkung-Prinzip im Kontext der Ereignisse ein, was einen Ursprung (also die Ursache) und eine Senke (die Wirkung) für ein Ereignis impliziert.

In der Statistik, genauer in der Wahrscheinlichkeitstheorie ist ein Ereignis die Ausprägung eines Lösungsraums, der eine Wahrscheinlichkeit zugewiesen wird (Lehn and Wegmann (2006)). In der klassischen Physik, so wie auch in der Relativitätstheorie, werden einem Ereignis ein Punkt im Raum und ein bestimmter Zeitpunkt zugeordnet (Tipler and Llewelyn (2002, S. 19)). Neben dem Zeitpunkt und dem Ort wird in der Relativitätstheorie zudem der Kontext des Auftretens berücksichtigt (French (1968)), um die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung eines anderen Ereignisses zu beschreiben. Im Bereich der Teilchenphysik stellt ein Ereignis ein Zusammentreffen zweier Partikeln (eines bewegten und eines statischen) bzw. das Auseinanderfallen eines Partikels dar (Mankel (2004)). Durch diese Kollision entsteht das Ereignis. Dabei wird das ursprüngliche Teilchen zerstört bzw. in weitere Teilchen zerschlagen. Durch die Kollision wird die ursprüngliche Teilchenbahn verändert und weitere Teilchen entstehen (Harrison (1966)). Der Begriff des Ereignisses ist hier mit einer Veränderung bzw. Zerstörung des ursprünglichen Zustandes des Systems und seiner Elemente verbunden. Sowohl die Ursache als auch die Wirkung werden hier berücksichtigt.

Neben den Naturwissenschaften wird der Ereignisbegriff auch im Kontext der Informatik angewendet. In der Softwareentwicklung, besonders im Bereich der Entwicklung von grafischen Benutzeroberflächen (GUIs), spielen Ereignisse eine wichtige Rolle. Die Benutzeraktionen wie Mausklicks oder Tastatureingabe stellen solche Ereignisse dar. Dieser Ansatz kann auch auf die Softwareentwicklung und somit auf den Programmfluss übertragen werden. Dieser Entwicklungsstil wird als ereignisorientierte Programmierung bezeichnet und steht im Gegensatz zu der s. g. Thread-Programmierung (Dabek et al. (2002)). In der ereignisorientierten Programmierung werden nicht nur Objekte, Methoden und ihre Eigenschaften betrachtet, sondern auch die Ereignisquellen. Ein Ereignis kann dabei eine gesamte Funktion oder ein Funktionsaufruf sein. Der Programmfluss bei dieser Art der Programmierung wird über Ereignisse (Benutzeraktionen, Nachrichten von anderen Programmen oder Sensoren) gesteuert. Ein Ereignis wird hier also als ein Signal verstanden, das das Programm über eine Änderung informiert und somit einen definierten Ursprung und eine definierte Senke hat.

Im Bereich der aktiven Datenbanken (Active Databases, Paton and Dìaz (1999)), werden Ereignisse als Teil der ECA-Regel gesehen, der ein Geschehen beschreibt, worauf eine

Regel potenziell reagieren kann. Beispiele für ein Ereignis in diesem Umfeld kann eine Veränderung innerhalb oder außerhalb der Datenbank sein, die einen Einfluss auf die Datenbankinterna hat, z. B. Datenveränderung, -Speicherung oder -Abruf. Das Ereignis beschreibt die Gründe, die zur Ausführung einer Regel beitragen können. Damit wird hier die Ereignisorientierung in einen direkten Zusammenhang mit der Regelorientierung gesetzt.

Ein seit einigen Jahren aufkommendes Forschungsgebiet ist das *Process Mining* (van der Aalst and Weijters (2004)). Hier werden Geschäftsprozesse basierend auf den Ereignis-Logs, die von prozessorientierten Anwendungssystemen wie z.B. den WfMS generiert wurden, rekonstruiert und als Basis zur Erstellung von Prozessmodellen verwendet (van der Aalst et al. (2007)). Einem Ereignis werden dabei folgende Attribute bzw. Eigenschaften zugewiesen: Zeit, Prozessaktivität, Prozessdaten, Ausführender und Transaktionstyp wie Start, End, Complete, etc. (van der Aalst and Verbeek (2008)). Somit wird ein Ereignis in den Geschäftsprozesskontext gesetzt und durch die weiteren Prozesselemente beschrieben.

Die Gestaltung der Prozessmanagement- und IT-Integrationsansätze mithilfe der Ereignisorientierung wird im Bereich des Geschäftsprozess- und Unternehmensarchitekturmanagements zunehmend verfolgt (Luckham and Frasca (1998), Michelson (2006), Taylor et al. (2009), Schulte and Natis (2003), etc.). So finden zunehmend die Ereignisgesteuerte Architektur (*event-driven architecture*, EDA) und komplexe Ereignisverarbeitung (*complex event processing*, CEP) immer mehr Verbreitung bei der Integration und Analyse von Geschäftsprozessen. Gerade verteilte oder Echtzeitgeschäftsprozesse können von dieser aufkommenden Ereignisorientierung bei ihrer Analyse und Konzeption profitieren (Luckham and Frasca (1998), Levina and Stantchev (2009)). Die *Event Processing Technical Society*, eine Organisation von Repräsentanten unterschiedlicher Disziplinen zur Weiterentwicklung der Erkenntnisse im Bereich der Prozessverarbeitung und Standardisierung, hat ein Glossar von Begriffen, die mit der Ereignisverarbeitung zusammenhängen, erstellt[6]. Dort wird ein Ereignis als „*Something notable that happens or is contemplated as happening*" (Luckham and Schulte (2008, S. 5)) definiert. Diese Definition basiert auf einer der ersten Definitionen des Ereignisses im Kontext der betrieblichen Anwendungssysteme von (Michelson (2006)). Dabei bezeichnet sie ein Ereignis als „*a notable thing that happens inside or outside your business*". Taylor et al. (2009, S.14) definieren ein Ereignis, basierend auf der Definition von Michelson (2006), als eine Zustandsänderung, die sich in der Änderung des entsprechenden Datums äußern kann. Und setzen damit das Ereignis in den Kontext der betrieblichen Anwendungssysteme und Prozessausführung. Ein Ereignis kann entsprechend dieser Definition ein Problem, ein anbahnendes Problem, eine Möglichkeit, einen Grenzwert oder eine Abweichung vom geplanten Prozessablauf signalisieren.

Im Kontext der betrieblichen Anwendungssysteme wird der abstrakte Ereignisbegriff zu einem Ereignisobjekt formalisiert. Ein Ereignisobjekt ist somit ein maschinenlesbares Objekt wie z.B. eine Datei oder ein Stück Software[7]. Das Ereignisobjekt wird von

[6] http://www.ep-ts.com/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,66/Itemid,84/

[7] Es werden in der Literatur weitere Begriffe synonym zum Begriff des Ereignisobjektes verwendet: e*vent*

Luckham and Schulte (2008) wie folgt definiert: "*An object that represents encodes or records an event, generally for the purpose of computer processing*". Diese Betrachtung zielt darauf ab, dass Ereignisse durch Anwendungssysteme verarbeitet werden, und somit als ein entsprechendes Objekt gekapselt werden müssen. Diese Softwareobjekte können nicht verändert werden, gleiche Aktivitäten können jedoch durch unterschiedliche Ereignisse beschrieben werden. Ein solches Softwareobjekt verfügt über einen Ereignis-*Header* und einen Ereignis-*Body*. Der Ereignis-*Header* beschreibt dabei die Aspekte der Ereigniserscheinung wie die Ereignis ID, Typ, Name, Zeitstempel und Quelle. Das Ereignis-*Body* beschreibt die Reaktion auf das Ereignis, Ereignis ID und ggf. Grenzwerte, die beim Auftreten des Ereignisses überprüft werden müssen. Michelson (2006) schlägt vor, alle diese Beschreibungen in einer natürlichen Sprache unter Berücksichtigung des Geschäftsvokabulars zu verfassen.

Im Kontext der Systemintegration und Kollaboration kann ein Ereignis als ein Prozessergebnis bzw. als eine Ausnahme im Prozessablauf verstanden werden (Perrin et al. (2003)). Dieses Verständnis wird vor allem in der automatisierten Prozessunterstützung bzw. durch das Konzept der *action rules* unterstützt. Auch eine passive Definition von Ereignissen ist im Kontext der Informationssysteme möglich. Wand and Weber (1990) sprechen von einem Ereignis im Zuge der Eigenschaftenveränderungen eines Objektes. Denn wird ein Objekt verändert, muss der Wert mindestens einer seiner Eigenschaften sich verändern. Diese Veränderung wird von ihnen als Ereignis verstanden (Wand and Weber (1990)).

Im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse bzw. der Analyse von Kommunikationsnetzwerken, entsteht ein Ereignis durch den Austausch von Nachrichten. Aus den Ereignissen (hier als *linkevents* bezeichnet) werden entsprechend Beziehungen aggregiert (Bider (2005), Trier (2008)). Im geschäftlichen Kontext erhalten die Ereignisse selten eine eigenständige Definition. Der Softwarehersteller Tibco definiert diese als: *„The outcome of interest, with an assignable probability based on the business context, are exceptions, which [. . .] become business events"*[8]. Levina and Stantchev (2009) definieren Geschäftsereignisse als "*state changes of a business entity*", also als beobachtbare Zustandsveränderungen im Geschäftskontext.

Angesichts der zahlreichen unterschiedlichen Kontexte, in welchen dieser Begriff angewendet wird und den damit verbundenen Variationen in den Definitionen wird im folgenden Abschnitt eine Definition erarbeitet, die zwar auf den obigen Aussagen basiert, jedoch für den Kontext dieser Arbeit ausgelegt ist.

3.3.1. Ereignisdefinition

Ein Ereignis wird hier allgemein als eine Zustandsänderung, die durch eine Einwirkung von Außen verursacht wurde, betrachtet. Im Kontext eines bestimmten Systems werden nur die Zustandsänderungen von wenigen, definierten Geschäftsgrößen betrachtet und als Ereignisse aufgenommen. Im Kontext der Geschäftsprozesse bzw. der betrieblichen Anwendungssysteme werden Geschäftsereignisse (*business events*) betrachtet. Das sind

object, event message, event tuple.

[8] http://tibcoblogs.com/cep/2007/04/25/what-is-complex-event-processing-part-2/

Zustandsänderungen eines Geschäftsobjekts, also eines Elements im System Unternehmen, dessen Subsystem der Geschäftsprozess darstellt. Angelehnt an diese Sichtweise und an die obere Definition, kann ein Ereignis in zwei Dimensionen: Zeitpunkt des Auftretens und das Geschäftsobjekt, dessen Zustandsveränderung betrachtet wird, positioniert werden. Die Ereignisorientierung fügt zudem einen temporäreren und also dynamischen Aspekt in die Betrachtung des Unternehmens als ein System und seiner Elemente ein.

Wird die Definition des Ereignisses als die Zustandsänderung eines Systemelementes angenommen, dann kann diese Sicht auf die folgenden Annahmen erweitert werden:

1. Das System Unternehmen verfügt über und befindet sich in einem stabilen Zustand (Ruhezustand) zum Zeitpunkt t_0.
2. Das System Unternehmen besteht aus Elementen, die durch Abläufe (Geschäftsprozesse) und logische Abhängigkeiten (Geschäftsregeln) verbunden sind.
3. Systemelemente verfügen über Zustände.
4. Der Unternehmenszustand setzt sich aus den Einzelzuständen der Systemelemente zusammen.
5. Eine Zustandsänderung wird durch das Einwirken auf die Elemente von Außerhalb oder Innerhalb des Systems hervorgerufen.
6. Eine Zustandsänderung wird als Ereignis wahrgenommen und kann als Objekt erfasst werden.
7. Ereignisobjekte können automatisiert verarbeitet werden.

Die Informationen über den Zustand des gesamten Systems Unternehmen zum Zeitpunkt t_0 können in einer Zustandsfunktion $\Phi\,(x,\,t)$, mit x als Geschäftsobjekt, zusammengefasst werden. Diese Funktion besteht ihrerseits aus den Zustandsfunktionen der Geschäftsobjekte. Daraus folgt die folgende Definition eines Ereignisses E: $E = \Phi_x(X,\,t_1)$, d.h. Ein Geschäftsereignis ist die Ausprägung der Zustandsfunktion Φ eines Geschäftsobjektes X zum Zeitpunkt t_1 . Dabei ist Φ_x unstetig und nicht differenzierbar, im Bezug auf die Annahme über die nicht kontinuierliche Zustandsänderung.

Im Abschnitt 2.1.1 wurde das Unternehmen als ein System aufgefasst, dass Geschäftsprozesse als Elemente aufweist. Der Begriff System kommt aus dem Griechischen ($\sigma\nu\sigma\tau\eta\mu\alpha$, systema) und bezeichnet eine Gesamtheit von Elementen, die durch Relationen miteinander verbunden sind und hinsichtlich eines Ziels (des Systemziels) interagieren (Trier et al. (2007)). Diese hier angenommene systemische Sichtweise auf das Unternehmen ermöglicht das Anwenden des interdisziplinären Denkens und der entsprechenden Methoden.

Nun kann der Begriff des Systems auch auf einer tieferen Granularitätsebene, d.h. bezogen auf einzelne Elemente der Unternehmensstruktur, aufgefasst werden. So kann das Subsystem des Unternehmens – der Geschäftsprozess als ein eigenes System situiert in der relevanten Umwelt des Unternehmens betrachtet werden. Der gesamte Systemzustand kann als eine Linearkombination der einzelnen Ereignisfunktionen durch die Zustandsfunktion $\Phi(x,\,t)$ beschrieben werden. Das kann durch folgende Annahmen, die die Aussagen 1-4 aus dem vorhergehenden Abschnitt weiter verfeinern, gezeigt werden:

1. Ein System kann sich zum Zeitpunkt t in einem Zustand $\mathbb{Z}_p(t)$ befinden, d.h. Element der Menge Z_p sein;

2. Ein Systemelement E, mit Eϵ E {E_1, E_2, E_2,..., E_m} Menge der Systemelemente, kann den Zustand $s_u = Z_s(E_k, t)$ zum Zeitpunkt t aus der Menge $\mathbb{Z}_s$ annehmen, mit $E_k \epsilon$ E und k $\leq$ m.

3. Jedem Zustand aus der Menge Z_s kann eine Eintrittswahrscheinlichkeit p zugeordnet werden;

4. $\mathbb{Z}_p$ ist eine Kombination der n Elemente der Menge $\mathbb{Z}_s$
   $Z_p(t) = Z_s(E_1, t) \vee Z_s(E_2, t) \vee Z_s(E_3, t) \vee \ldots \vee Z_s(E_m, t) \Rightarrow Z_p(t) = \sum_{i=1}^{m} Z_s(E_m, t)$, t, $m \epsilon \mathbb{N}$

Hier wird also davon ausgegangen, dass ein System aus bestimmten Elementen aus der Menge E besteht. Dabei kann das System, je nach Betrachtungswinkel und Zielstellung, sowohl das gesamte Unternehmen als auch ein Prozess oder eine Domäne[9] sein. Entsprechend sind auch die Ausprägungen der Systemelemente abhängig vom Kontext. Sie können z.B. entweder Prozessschritte oder Geschäftsobjekte darstellen. Der Zustand des Gesamtsystems kann als eine Zustandsmatrix M mit Spaltenvektor E und dem dazugehörigen Zeilenvektor $\mathbb{Z}_s$ dargestellt werden. Die Zustandsmatrix des Prozesses zum Zeitpunkt t kann durch den Spalten Vektor $\overrightarrow{Z_s}$und den Zeilenvektor $\overrightarrow{A}$, der die Prozesselemente zusammenfasst, in der Zustandsmatrix M dargestellt werden.

Die Annahme 3 weist jedem Ereignis eine Eintrittswahrscheinlichkeit zu. Basierend auf historischen Daten oder Analysen, kann diese Wahrscheinlichkeit der Zustandsänderung von bestimmten Geschäftsobjekten ermittelt werden. Diese Information kann bei der Gestaltung und Steuerung der Geschäftsprozesse nützlich sein. So können bestimmte Reaktionen auf entsprechende Ereignisse antizipiert und vorbereitet werden. Insbesondere im Bereich der Prozessüberwachung (*Process Monitoring*) bieten sich zahlreiche Anwendungspotenziale an.

Durch die Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit wird die Zustandsfunktion des Gesamtprozesses um eine weitere Dimension erweitert. Das bedeutet zunächst, dass der Übergang von Zustandsausprägung s_n zu s_m, also der Übergang von Z_{sn} zu Z_{sm}, mit n, m $\leq$ r und Z_{sn} , Z_{sm} ϵ Z_s= { s_1, s_2,..., s_r}, r $\epsilon \mathbb{N}$ (mit r = Anzahl der Zustandsausprägungen des Elementes E) ein Ereignis darstellt (siehe Definition von Ereignis 3.3.1). Diesem Übergang bzw. diesem Ereignis kann entsprechend eine Wahrscheinlichkeit p zugeordnet werden, die hier als Eintrittswahrscheinlichkeit bezeichnet wird. Daraus ergibt sich für den Zustand Z_s eines Systemelementes E zum Zeitpunkt t mit r möglichen Zustandsausprägungen: Z_s(E,t)= $\sum_{i=1}^{r} p_i Z_{si}(E, t)$, $r \epsilon \mathbb{N}$.

Mit k möglichen Systemelementen und r möglichen Zustandsausprägungen, ergibt sich für den Gesamtzustand des Systems: $Z_p : \sum_{i,j=1}^{i=r, j=k} p_i Z_{si}(E_j, t)$, i, j, r, $k \epsilon \mathbb{N}$

Die Daten zur Aussage über die Eintrittswahrscheinlichkeit können aus den historischen Daten oder Dokumenten als relative Häufigkeit ermittelt werden. Die Ereignisfunk-

[9] Unter einer Domäne wird hier eine Menge von Geschäftsprozessen verstanden, die einen bestimmten Aspekt der geschäftlichen Tätigkeit ermöglicht.

tion kann dazu angewendet werden, die Auswirkungen der Zustandsänderungen im System auf die Subsysteme zu beobachten. Diese und obige mengenbasierte Betrachtungen führen zum einen eine dynamische Komponente in die Betrachtung von Geschäftsereignissen ein, zum anderen erlauben sie es, einen quantitativen Ansatz für ihre Auswertung anwenden zu können. Diese Betrachtungen können bei der Simulation von Geschäftsprozessen, die ereignisorientiert umgesetzt werden sollen, eingesetzt werden.

3.3.2. Ereignisstruktur und Darstellung in Geschäftsprozessmodellen

Angelehnt an Davidson (1985) können Ereignisse im Kontext des Ursache-Wirkung- Zusammenhangs betrachtet werden. Dabei wird ein Ereignis bzw. die Zustandsänderung A als Ursache für die eintretende Wirkung B betrachtet. Hierbei kann die Bezeichnung Ursache semantisch synonym mit Anlass, Grund oder Bedingung gesetzt werden. Diese Interpretation wird durch das Auslösen einer Ereignisregel verstärkt. Eine Regel wird nur dann gefeuert, wenn das passende Ereignis auftritt.

Diese Sichtweise stellt nicht das Ereignis in den Mittelpunkt, sondern betrachtet die kausale Beziehung zwischen der Regel und dem auslösenden Ereignis (siehe auch Abschnitt 3.5). Somit wird hier die Zirkularität wie sie in der Ereignisdefinition von Davidson (1985) noch vorkommt, vermieden. Die meisten der oben erwähnten Definitionen schreiben den Ereignissen raum-zeitliche Eigenschaften zu. Abbildung 3.3.1 zeigt eine Ereignisstruktur, die das hier vertretene Verständnis von einem Ereignis verdeutlichen soll. Ein Ereignis verfügt über einen Ursprung (Ereignisquelle, *event publisher*). Im Unternehmenskontext ist es also das Geschäftsobjekt, das seinen alten Zustand verlässt und einen neuen annimmt. Diese Quelle verfügt über eine Identifikation und eine Beschreibung. Der Bestimmungsort des Ereignisses ist die Ereignissenke bzw. der Adressat (*subscriber*) des Ereignisses. Das kann ein anderes Geschäftsobjekt sein, dessen Verhalten von dem entsprechenden Ereignis potenziell beeinflusst werden kann. Genau wie die Ereignisquelle verfügt die Ereignissenke über eine Identifikation und eine Beschreibung. Zusätzlich kann sie über entsprechende Logik verfügen, ihr Verhalten entsprechend dem Ereignis anzupassen. Der Aufenthaltsort dieser Logik ist jedoch abhängig von der entsprechenden ereignisorientierten Architektur und kann entweder zentral in der Geschäftsprozessunterstützungsarchitektur positioniert oder bei jedem Geschäftsobjekt als eine Logikkomponente implementiert sein.

Wie das Verhalten der Ereignisquelle verändert werden kann oder soll wird in der entsprechenden Ereignisregel festgelegt. Das Verhalten einer Ereignissenke kann von mehreren Geschäftsregeln beschrieben werden und umgekehrt. Dabei wird eine Ereignisregel durch folgende Attribute charakterisiert: Identifikation und Beschreibung, Quelle und Senke. Eine Ereignisregel verfügt wie das Ereignis selber über eine Quelle, d.h. den Verursacher der Regel, und eine Senke, d.h. den Adressaten des Regelergebnisses bzw. den Abonnenten. Insgesamt ist die Ereignisregelstruktur an die Struktur einer Geschäftsregel im Abschnitt 3.5 stark angelehnt.

Im Kontext der Unternehmens- oder Prozessanalyse werden die geschäftlichen Zusammenhänge dadurch aufgezeigt, dass sie in Modellen abgebildet werden. Es u. A. kann zwischen Datenmodellen und Geschäftsprozessmodellen im Unternehmen unterschieden wer-

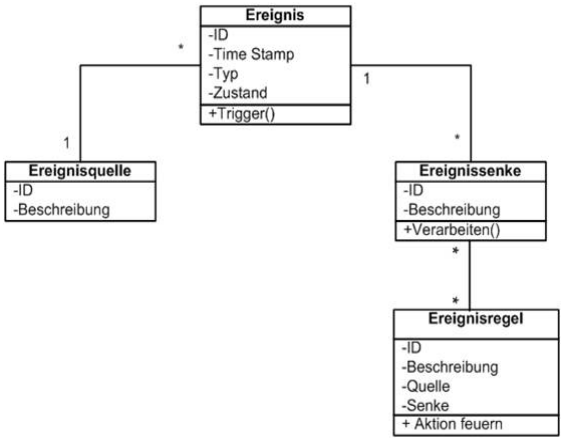


Abbildung 3.3.1.: Ereignisstruktur (eigene Darstellung)

den und es gibt ebenfalls zahlreiche Arten Geschäftsprozesse darzustellen. Diese besitzen unterschiedliche Formalisierungsgrade und verfügen über unterschiedliche Schwerpunkte ihrer Darstellung. Im Folgenden werden die bereits im Abschnitt 2.5.2 eingeführten Prozessmodellierungssprachen mit dem Schwerpunkt auf Ereignisdarstellung vorgestellt. Dabei soll gezeigt werden, ob die Umsetzung der Ereignisorienteirung in der Modellierung von Geschäftsprozessen bereits berücksichtigt werden kann.

Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK): EPK-Modelle bestehen aus folgenden Grundelementen (siehe Abbildung 3.3.2): Funktion, Ereignis, Operator und Kontrollfluss. Ergänzend können in einer eEPK (erweiterten EPK) weitere Elemente wie: Organisationseinheit, Stelle, Datum, Informationsobjekt, Datenträger etc. dazu kommen. EPK-Modelle eignen sich besonders gut, um klar strukturierte Abläufe sowie prozessbezogene Elemente darzustellen.

Im Kontext der Geschäftsprozessmodellierung mit Ereignisgesteuerten Prozessketten kennzeichnet das Ereignis den Anfang oder das Endergebnis einer Funktion innerhalb des Prozess. Die Ereignissteuerung äußert sich also dadurch, dass eine Funktion nur durch das Eintreten eines Ereignisses ausgelöst werden kann. Das Ergebnis einer Geschäftsfunktion ist auch ein Ereignis, das unter Umständen direkt die nachfolgende Funktion auslöst. (Scheer (1999))

Business Process Modeling Notation (BPMN): BPMN wurde u. A. mit dem Ziel entwickelt, eine Prozessnotation zu Verfügung zu stellen, die sowohl vom Fachbereich als auch von dem IT-Bereich für Analyse und Umsetzung der Geschäftsprozesse eingesetzt werden kann. Die Business Process Modeling Notation bildet Geschäftsprozesse ab, indem sie den Fokus auf die Prozessaktivitäten und das Zusammenspiel der Prozessakteure legt. Das Konstrukt des Ereignisses steht dabei nicht im Mittelpunkt des Modells, jedoch verfügt diese Notation über eine ausgeprägte Vielfalt der darstellbaren Ereignisse. (BPM (2010))

BPMN unterscheidet zwischen drei Gruppen von Ereignissen: Start-, End- und Intermediate (also Zwischen)- Ereignisse. Innerhalb dieser Gruppen finden sich die folgen-

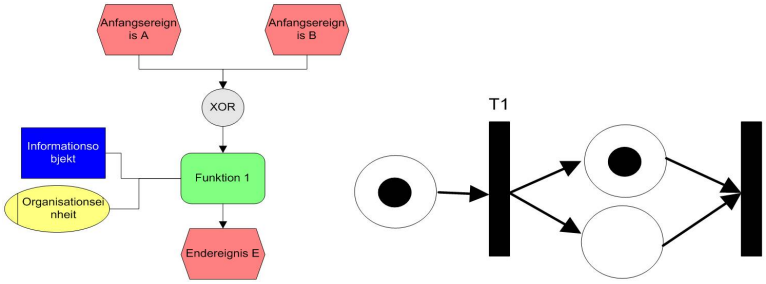


Abbildung 3.3.2.: Ereignisse in EPK- (links) und Petri-Netz-Notation (rechts) (eigene Darstellung)

den Ereignistypen: Leer, Nachricht, Abbruch, Fehler, Link, Timer, Signal und Multiple-Ereignisse (siehe Abbildung 2.5.5). Die Ereignisse können des Weiteren in empfangene und versendete Ereignisse unterschieden werden.

Petri-Netze: Die Petri- Netze wurden 1962 entwickelt, um nebenläufige Systeme und Transformationsprozesse darstellen zu können. Durch ihre umfassende theoretische Fundierung eignen sie sich gut zur Simulation und Darstellung von komplexen Prozessen. Ein Petri-Netz ist ein gerichteter Graph mit folgenden Elementen: Stellen, Transitionen, Kanten und Token. Stellen können Objekte, Klassen, Ereignisse (eingetreten bzw. nicht eingetreten) oder Bedingungen darstellen (Rosemann et al. (2006)). Transitionen erfüllen die gleiche Aufgabe wie Funktionen in EPKs, d.h. es sind Aktivitäten, die bei der Erfüllung einer Bedingung bzw. Eintreten eines Ereignisses ausgeführt werden können. Kanten verbinden (in der Graphenkonstruktion) die Elemente (Stellen und Transitionen) mit einander. Ein besonderes Symbol für die Ereignisse ist in dieser Notation also nicht vorgesehen (siehe Abbildung 3.3.2). (Priese and Wimmel (2008), Wimmel (2008))

UML (Unified Modeling Language) Zustandsdiagramme: UML hat ihren Ursprung in der Softwaretechnik; die Modellierungssprache ist also darauf ausgerichtet, Fachanforderungen an das zu entwickelnde Anwendungssystem zu übertragen. Eines der dreizehn Diagramme dieser Modellierungssprache stellt das Verhalten eines Systems dar. In diesem Zustandsdiagramm wird also das System als ein Zustandsautomat dargestellt (Rumpe (2004)). Die Elemente des Zustandsdiagramms umfassen Zustände, auch Knoten genannt, und Transitionen, die die Übergänge zwischen den Zuständen darstellen. Zustände sind nach dem UML Standard 2003 (Group (2011, S. 3-136)) eine Situation für ein Objekt in der entweder eine bestimmte Bedingung erfüllt wird, ein Ereignis erwartet oder eine Aktivität ausgeführt werden. Die Transition verbindet den Quell- und den Zielknoten.

Ein weiteres Diagrammelement ist das Ereignis. Es wird in dem UML-Standard (Group (2011, S. 3-142)) als „*noteworthy occurence*“ definiert. Ein Ereignis kann dann auftreten, wenn eine Bedingung erfüllt wird bzw. eine Nachricht von einem Objekt an ein anderes verschickt wird. Ein Ereignis tritt zu einem bestimmten Zeitpunkt auf und stößt eine Transition von einem Zustand in den nächsten an. Ereignisse beschreiben Übergänge zwischen den Zuständen und werden als Beschriftung der Pfeile dargestellt (siehe Abbildung 3.3.3).

Decker et al. (2007) schlagen eine grafische Notation zur Darstellung von Ereignisregeln mithilfe der Elemente des BPMN vor. Diese *Business Event Modeling Notation* (BEMN) basiert auf Regelmustern, die mögliche Ereigniskombinationen erfassen. Diese Sprache ist insbesondere zur Erfassung von komplexen Ereignissen von Nutzen.

Visual Event: Visual Event ist ein im Rahmen dieser Arbeit entwickeltes Eclipse Plug-In, das eine Darstellung von Geschäftsereignissen, die der in der Abbildung 3.3.3 beschriebenen Struktur entspricht, ermöglicht. Die Ereignisquelle wird hier als *Trigger* bezeichnet, da dort das Ereignis ausgelöst wird. Die Ereignissenke wird als *Event-sink* bezeichnet. Beide Elemente lassen sich mit einer Identitätsangabe kennzeichnen und durch weitere Attribute beschreiben. Das Ereignis selber kann ebenfalls mit Attributen, d.h. weiteren Beschreibungen, Zeitangaben, etc. versehen werden, deren Datentypen weiter präzisiert gekennzeichnet werden können. Die „*event relations*“ zeigen wie viele Ereignisse des beschriebenen Typus notwendig sind, um eine bestimmte Reaktion in der Ereignissenke auszulösen. Die Ereignissenke kann dabei mehrere Ereignisse aufnehmen sowie die Ereignisquelle mehrere Ereignisse initialisieren kann.

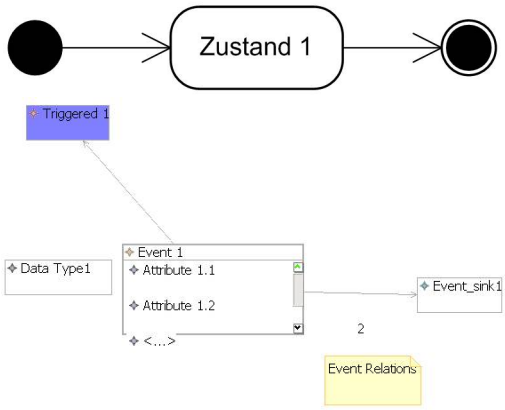


Abbildung 3.3.3.: Ereignisdarstellungen: UML Zustandsdiagramm (oben) und Visual Event (eigene Darstellung)

Die Reihenfolge sowie die Anzahl der zur Reaktion notwendigen Ereignisse können bei der Beschreibung der Ereignisquelle eingefügt werden.

Diese Schilderung der möglichen Ereignisdarstellung im Rahmen der Geschäftsprozessmodellierung spiegelt die aktuellen Möglichkeiten der Ereignisdokumentation wider. Es ist deutlich geworden, dass Ereignisse bisher nur eine nebenläufige Rolle in der Prozessdarstellung und –Ausführung gespielt haben. Um Ereignisorientierung wirklich umsetzen und pflegen zu können, muss die Art und Weise der Ereignisdarstellung im Kontext der Geschäftsprozesse erweitert bzw. an das Paradigma der Ereignisorientierung angepasst werden. Die Entwicklung des Visual Events ist lediglich ein Schritt in diese Richtung.

3.4. Ereignisorientierung und ihre Umsetzung

Der Begriff des Ereignisses und seine Darstellungsmöglichkeiten im Rahmen des Geschäftsprozessmanagements wurden oben dargestellt. Nun soll die Rolle der Ereignisorientierung für die Ausführung der Geschäftsprozesse und Integration der IT-Architektur kurz beschrieben werden.

Das Paradigma der Ereignisorientierung[10] gewinnt in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung, vor allem im Kontext der Gestaltung betrieblicher Anwendungssoftware zur Steuerung und Kontrolle verteilter Prozesse wie sie entlang der Wertschöpfungskette vieler Unternehmen bereits auftreten. Insbesondere die Relevanz der Informationsverfügbarkeit in Echtzeit ist bei der Wahl dieses Paradigmas von Bedeutung. Auch die explizite Einbeziehung der Dynamik in die Betrachtungen von Unternehmensprozessen bringt einen neuen und immer wichtigeren Aspekt mit sich. Denn ohne Berücksichtigung von Ereignissen, können Prozesse und ihre Logik nicht ausgeführt werden. Um schnell und gegebenenfalls präventiv reagieren zu können, bietet sich die Umsetzung der Ereignisorientierung in vielen Bereichen eines Unternehmens an.

Die Grundidee dieses Ansatzes besteht in der Beobachtung von speziellen Ereignissen in der Systemumwelt, die die Zustandsänderung relevanter Objekte darstellen. So können die Änderungen des Systems frühzeitig erfasst und Reaktionen eingeleitet werden. Mögliche Ziele der Ereignisorientierung können dabei sein: den aktuellen (Normal-)Zustand des Systems zu erhalten bzw. einen neuen Zustand zu generieren, der den neuen Bedingungen entspricht.

Führt das Auftreten eines Ereignisses zu einer wesentlichen Änderung des Systemverhaltens oder des –Ergebnisses, muss das Ereignis an die zuständigen Systemkomponenten oder an die entsprechenden Fachmitarbeiter weiter geleitet werden, um Steuerungsmaßnahmen einzuleiten. Die Prozessunterstützung, hier z.B. die Wiederherstellung des Ausgangszustandes, kann damit also (halb-)automatisiert und zeitnah erfolgen.

Ereignisorientierung kann also als ein ergänzendes Paradigma der Prozessorientierung verstanden werden, da sie auf prozessauslösende oder verändernde Tatsachen, also Ereignisse, den Fokus legt und somit die Erhebung, Steuerung und Verwaltung von Prozessen in einem Unternehmen voraussetzt. In einem gewissen Grad spielt die Ereignisorientierung bei der Prozessautomatisierung bereits seit geraumer Zeit eine wichtige Rolle. So sind die Workflowsysteme bereits so ausgerichtet, dass sie auf Ereignisse wie Prozessanfang, -Ende, -Fehler, etc. reagieren können. Für das Unternehmen bedeutet Ereignisorientierung, Ausrichtung der Unternehmensarchitektur bzw. der einzelnen Schichten auf bestimmte Geschäftsereignisse. Dabei ist zu beachten, dass die Ereignisquellen auch in als nicht verteilt definierten Prozessen geografisch verteilt sein können.

Das Konzept der Steuerung selber beinhaltet aber im Allgemeinen die Definition von bestimmten Größen, die einen signifikanten Einfluss auf das Systemverhalten haben und verändert oder angepasst werden sollen, um das System in einem bestimmten Zustand zu halten bzw. in einen bestimmten Zustand zu bringen. Die Ausprägungen dieser Größen

[10] Der Begriff Ereignisorientierung und -Steuerung werden häufig synonym verwendet und leiten sich vom englischen "event-driven" ab.

werden mit entsprechenden Kennzahlen, *Key Performance Indicators* (KPIs), in Zusammenhang gebracht, um den aktuellen Istzustand des Systems abbilden zu können. Mithilfe der Messung von entsprechenden Soll- und Grenzwerten, kann der Istzustand nicht nur beobachtet, sondern auch kontrolliert und gesteuert werden. Im Kontext der Ereignisorientierung werden die relevanten Geschäftsobjekte mit solchen KPIs assoziiert und ihre Zustandsänderung entsprechend beobachtet. So wird aus der Ereignisorientierung eine auf relevanten Ereignissen basierende Steuerung des Systems möglich.

Neben der Transparenz, die durch Betrachtung von Änderungen bestimmter Geschäftsobjekte entsteht, bietet die Ereignisorientierung weitere Vorteile für Steuerung und Ausführung von Geschäftsprozessen. Durch die explizite Einbeziehung der Ereignisse in den Ablauf der Geschäftsaktivitäten wird eine dynamische und im weitesten Sinne auch eine „Echtzeit"-Komponente in die Abläufe und Entscheidungen eingefügt. Diese Dynamik spielt gerade dann eine Rolle, wenn mehrere Akteure an einem Geschäftsprozess beteiligt sind, d.h. wenn Interoperabilität gefordert wird. Auch in Situationen, die eine schnelle Reaktion auf Ausnahmen bzw. Fehler in den Abläufen erfordern, ist Ereignisorientierung das passende Paradigma. In vielen Branchen werden zunehmend mehr Informationen in elektronischer Form von Nachrichten bzw. Ereignissen bereitgestellt. Dazu zählen logistische Prozesse, die zunehmend Informationen über den Aufenthaltsort und Identität von Produkten mittels RFID-Technologie erfassen. Sie müssen auch auf Fehler im Herstellungsprozess oder Transport möglichst schnell reagieren. Weitere Beispiele für den Einsatz der Ereignisorientierung sind: Steuerung von Workflows, der Wertpapierhandel und Process Monitoring (Dunkel et al. (2008, S. 135)).

Durchgeführte Experteninterviews[11] ergaben weitere Bereiche bzw. Branchen, in welchen sich die Konzentration auf reine Informationen bzw. schnelle und autonome Änderung von Anforderungen positiv auf die Abläufe im Unternehmen auswirken können. Das sind vor allem Prozesse, die an den Schnittstellen mit externen oder internen Partnern stattfinden[12]; Prozesse, die eine enge Kundeninteraktion benötigen wie das Customer Relationship Management[13]; Kundenaufträge[14], Kundenanforderungen[15] und natürlich datenintensive Prozesse bzw. informationsreiche Prozesse und andere koordinationsintensive Abläufe, die von der Ereignisorientierung bzw. Berücksichtigung der Prozessdynamik profitieren können.

Ereignisorientierung erhebt jedoch nicht den Anspruch das allgemeine Paradigma für Softwarearchitekturen zu sein. Durch ihre Einführung erhöht sich potenziell auch die Systemkomplexität, so muss die Abstraktionsebene, auf der die Ereignisorientierung eingeführt wird, besonders betrachtet werden. Anwendungsprozesse auf der Netzwerkebene eignen sich z.B. nicht für die Einführung der Ereignisorientierung so wie sie in diesem Abschnitt definiert wurde, weil dieses Vorgehen keine direkten Auswirkungen auf die Geschäftsabläufe haben wird (Taylor et al. (2009, S. 152)). Werden alle Elemente des Systems auf die Beobachtung und Reaktion auf ankommende Ereignisse ausgerichtet, ent-

[11] Siehe Anhang (digital): Interviews
[12] Anhang: Ruschel, Hoffmann etc.
[13] Anhang: Hoffmann, Allerhausen
[14] Anhang: Hoffmann
[15] Anhang: Hoffmann

steht die s.g. ereignisgesteuerte Architektur. In diesem Abschnitt sollen deshalb zunächst die Kriterien aufgeführt werden, die eine ereignisorientierte Umsetzung eines Prozesses unterstützen. Ein allgemeines Vorgehen zur Einführung der Ereignisorientierung im Rahmen des Geschäftsprozessmanagements wird beleuchtet. Ein Vorgehen zur Identifikation von Ereignissen aus den Prozessmodellen wird ebenfalls beschrieben.

3.4.1. Kriterien zur ereignisorientierten Analyse und Umsetzung von Geschäftsprozessen

Ereignisorientierte Prozessautomatisierung ist ein Ansatz zur automatischen Umsetzung von Geschäftsprozessen. Um Prozesse automatisiert Umsetzen zu können, müssen sie bestimmte Eigenschaften (siehe Kapitel 2.2.2) aufweisen. Je nach der Art des Prozesses kann die Automatisierung ereignisorientiert erfolgen. Das bedeutet, dass die Technologie der (komplexen) Ereignisverarbeitung die Prozesse zusätzlich zu der klassischen Workflow-Umsetzung mithilfe der Ereignisorientierung unterstützt. Aus der Literatur (Chandy and Schulte (2010)) weisen die dafür geeigneten Prozesse folgende Eigenschaften auf:

- Sie müssen auf die Veränderungen aus der Umwelt in Echtzeit reagieren;
- Sie sind komplex;
- Während der Prozessausführung treten bestimmte Verhaltensmuster auf, die kombiniert eine Prozessvariante als Reaktion auslösen können;
- Prozessdaten können so aggregiert werden, dass eine automatische Entscheidung auf Prozessebene möglich ist,
- Sie sind schnittstellenreich;
- Sie sind daten- und informationsreich.

Hier werden Prozesse als komplex bezeichnet, wenn sie über eine Vielzahl von Geschäftsobjekten verfügen, die im Laufe des Prozesses miteinander interagieren. Dabei werden sowohl Informationen als auch Daten über unterschiedliche Schnittstellen (technisch: unter Softwarekomponenten und Anwendungssystemen; zwischen Benutzer und Softwarekomponenten bzw. Anwendungssystemen; menschlich: zwischen unterschiedlichen Benutzern) ausgetauscht. Die Schnittstellen im Prozess können als ein Indikator für seine Interoperabilität betrachtet werden.

Chandy and Schulte (2010) schlagen ein Rahmenwerk vor wie Geschäftsdomänen für den Einsatz der Ereignisorientierung ausgewählt werden können. Steht jedoch eine Abteilung oder ein Unternehmen vor der Entscheidung, welche der Prozesse mithilfe der Ereignisorientierung umgesetzt werden sollen, sind die oben genannten Prozesseigenschaften, die Chandy and Schulte (2010) als Entscheidungsunterstützung vorschlagen, aufgrund ihrer allgemeinen Formulierung schwer umzusetzen.

Im Folgenden werden Kriterien vorgeschlagen, die eine Beurteilung darüber erlauben können, ob ein Prozess mithilfe der Ereignisorientierung potenziell umgesetzt werden kann. Im Anschluss werden kurz die Aspekte umrissen, die bei der Entscheidung über

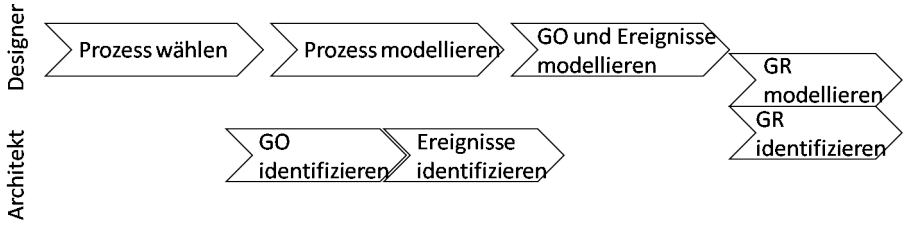


Abbildung 3.4.1.: Das allgemeine Vorgehen zur Bewertung der Geschäftsprozesse bzgl. Ereignisorientierung

die Umsetzung der Prozessorientierung aus der wirtschaftlichen und der Integrationssicht betrachten.

Das allgemeine *Vorgehen zur Integration der Ereignisorientierung im Unternehmen*, sei es durch die Einführung einer ereignisverarbeitenden Software oder durch die verstärkt ereignisorientierte automatisierte Prozessausführung, ist in der Abbildung 3.4.1[16] dargestellt. Dabei sind zwei Rollen zu unterscheiden: der Designer und der Architekt bzw. Analyst. Der Analyst ist eine Rolle, die über ein tiefgreifendes Verständnis des zu implementierenden Prozesses verfügt und die Prinzipien der Ereignisorientierung umsetzen kann. Der *Designer* ist eine Rolle, die über Kenntnisse des Werkzeugs verfügt, mit welchem die Ereignisorientierung umgesetzt werden soll. Der Designer kann bereits anhand der oben bzw. im Abschnitt 3.4.3 aufgeführten Kriterien Prozesse identifizieren, die für eine ereignisorientierte Umsetzung geeignet sind. Dafür muss allerdings mit dem Architekten das Ziel des Einsatzes der Ereignisorientierung im Unternehmen (z.B. Datenanalyse in Echtzeit, verbesserte Workflowunterstützung, Identifikation von bestimmten Mustern im Datenstrom, etc.) im Vorfeld definiert werden. Von dieser Zielsetzung hängt die Identifikation der Ereignisse und Regeln ab. Fällt die Evaluation der Prozesskriterien nicht eindeutig aus, so dass ein Prozess nicht eindeutig als ereignisorientiert bewertet werden kann, muss der Designer Rücksprache mit dem Architekten halten. Sind die Prozesse identifiziert, können diese vom Designer für die weitere Umsetzung modelliert werden. Parallel modelliert der Architekt Geschäftsobjekte, ihre Relationen und Zustände (Ereignisse). Für diese Modelle soll die gesamte vorhandene Prozessdokumentation und das Prozesswissen herangezogen werden.

Die entstandenen Modelle können nun an den Designer zur Modellierung und Implementierung übergeben werden. In der Phase der Regelmodellierung ist allerdings wieder das ereignisorientierte Know-How und Prozessverständnis des Architekten notwendig, so dass die Ausführung dieses Schrittes beide Rollen gleichzeitig involviert.

Bei der Beschreibung des vorgeschlagenen Vorgehensmodells zur Implementierung der Ereignisorientierung kann noch eine weitere Rolle identifiziert werden- der *process owner* (siehe auch Abschnitt 2.5.7). Ereignisorientierung erlaubt flexiblere und einfacher zu ergänzende Prozesse durch die Konzentration auf Geschäftsobjekte und ihre Zustände.

[16] Entstanden im Rahmen des im Abschnitt 9.3 beschriebenen des Industrieprojektes.

Um diese Prozesse auch weiterhin flexibel gestalten und verwalten zu können, müssen die auftretenden Änderungen zeitnah umgesetzt werden. Eine effektive und effiziente Prozessveränderung kann vor allem durch den *process owner*, der die Anforderungen an den Prozess und die Prozessumwelt ständig beobachtet und analysiert, gewährleistet werden. Für die Realisierung der Ereignisorientierung heißt es, dass nach ihrer Implementierung der *process owner* genug Wissen im Bereich der Ereignisorientierung und Tool-Anwendung haben soll, um einige Prozessveränderungen ad- hoc ohne die Unterstützung des Designers durchführen zu können.

3.4.2. Vorgehen zur Ereignisidentifikation

Bevor jedoch die Ereignissteuerung in das Management von Prozessen eingeführt werden kann, müssen die ausgewählten Geschäftsprozesse bezogen auf die auftretenden Ereignisse analysiert werden. Aus der obigen Definition folgt, dass Ereignisse eine Zustandsänderung eines Geschäftsobjektes sind. Bei umfangreichen Prozessen können also sehr viele Ereignisse immerwährend auftreten. Um diese Informationsflut eingrenzen zu können, muss die Ereignisidentifikation entsprechend so gestaltet werden, dass nur die für den jeweiligen Zweck wichtigen Ereignisse erfasst und analysiert werden. Das Ziel der Analyse bildet durch den gesamten Identifikationsprozess hindurch einen wichtigen Anhaltspunkt für die Entscheidung welche Ereignisse in die Steuerung aufgenommen werden müssen. Mögliche Analyseziele können dabei sein: Beobachtung (Monitoring) von Ereignissen für Prozessanalyse, -Steuerung und –Optimierung bzw. Ermittlung von „verdächtigem“ Verhalten, z.B. Kreditkarten- oder EC-Kartenbetrug, schnelle Reaktion auf Ausnahmen wie sie z.B. im Luftverkehr bei der Gepäckweiterleitung auftreten.

Abbildung 3.4.2 zeigt einen generischen Prozess zur Identifikation von Ereignissen im Kontext eines Geschäftsprozesses. Der erste Schritt ist dabei die Erfassung des eigentlichen Analyseziels. Ist das Ziel die Entwicklung eines Monitoringsystems, muss dieses Ziel (im zweiten Schritt) operationalisiert werden. Dabei ist es wichtig zu wissen, was genau (z.B. in Form von Kennzahlen) durch die Einrichtung des Systems erreicht werden soll.

Die in dem Geschäftsprozess involvierten Geschäftsobjekte[17] (*business objects*, BOs) sollen als nächstes erhoben werden. Anhand der Ergebnisse aus dem Schritt drei und dem identifizierten und präzisierten Analyseziel, sollen nun die Stakeholder der Analyse festgelegt werden, d.h. die Zielakteure, die die Ergebnisse der Analyse implementieren oder weiter verarbeiten werden. So entsteht die Möglichkeit auf die Veränderungen, die von Außerhalb der Unternehmensgrenze entstehen, aber für die vorliegende Untersuchung relevant sind, reagieren zu können. Um die zu verarbeitende Information effizient zu gestalten, werden aus der Menge der erhobenen Geschäftsobjekte nun die eigentlich *relevanten* Geschäftsobjekte definiert (siehe dazu Abbildung 3.4.4 und 3.4.4). Anschließend werden die möglichen Zustände der identifizierten Objekte erhoben. Die Interaktionen zwischen den jeweiligen Zuständen wie z.B. ihre Rolle bei der Zusammensetzung eines komplexen Ereignisses bzw. die Reihenfolge der Verarbeitung, sollen für die anschließende Modellierung festgehalten werden.

[17] D.h. Akteure (Personen, Werkzeuge, Systeme, etc.), die direkt oder indirekt einen Einfluss auf den Prozessablauf haben.

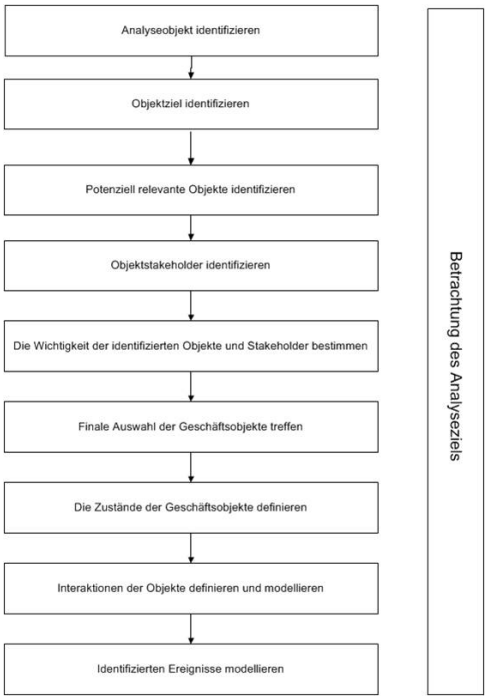


Abbildung 3.4.2.: Vorgehen zur Ereignisidentifikation (eigene Darstellung)

Die im Schritt drei erhobenen Geschäftsobjekte sollen nun im fünften Schritt entsprechend dem Analyseziel gefiltert werden. Mögliche Entscheidungsbäume sind nun in der Abbildung 3.4.3 für unterschiedliche Arten von Geschäftsobjekten vorgestellt. Entscheidend ist hierbei die Tatsache, ob das Geschäftsobjekt direkt im Prozess involviert ist bzw. ob die Prozessausführung oder -Zielerreichung durch dieses Objekt beeinflusst wird.

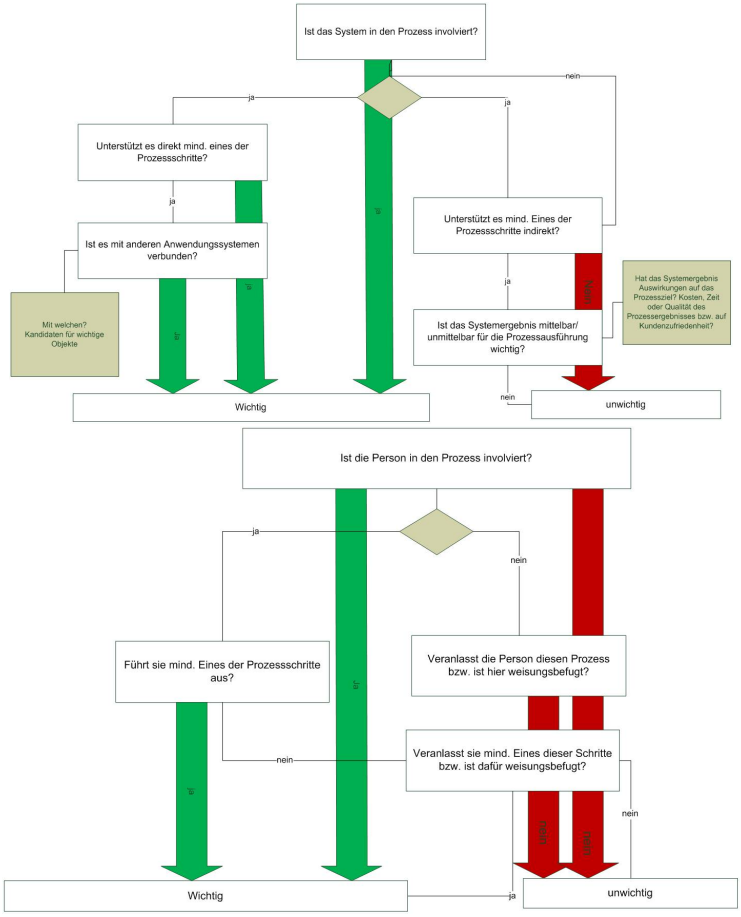


Abbildung 3.4.3.: Beurteilung der Relevanz eines Akteurs für die Ereignisorientierung (eigene Darstellung)

Die als „wichtig“ identifizierten Systeme und Akteure werden als Geschäftsobjekte deklariert und für die weitere Analyse berücksichtigt. Sie und ihre Interaktion können in einem Geschäftsobjektdiagramm, z.B. in Form eines Klassendiagramms, dargestellt werden, um im Weiteren die Ereigniskomposition effizienter gestalten zu können. Innerhalb eines Geschäftsprozesses werden zahlreiche Ereignisse produziert und müssen entsprechend identifiziert und verarbeitet werden. Um diese Verarbeitung möglichst effizient zu gestalten, kann neben der Auswahl der relevanten Geschäftsobjekte bereits auch die Auswahl der jeweils relevanten Ereignisse stattfinden. So ist potenziell nicht jeder Zustand des Geschäftsobjektes für die Implementierung der Ereignisorientierung relevant. Die Relevanz eines Ereignisses wird auch hier danach beurteilt, ob dieser einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Prozesskennzahlen oder den Prozessablauf nehmen kann.

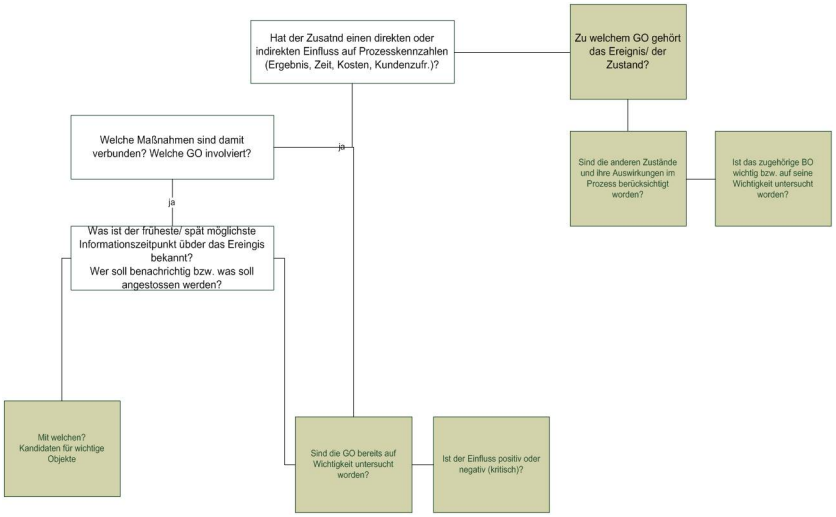


Abbildung 3.4.4.: Beurteilung der Relevanz eines Ereignisses (eigene Darstellung)

3.4.3. Prozesskriterien zur Beurteilung des Potenzials einer ereignisorientierten Prozessautomatisierung

In den vorhergehenden Abschnitten wurden das Paradigma der Ereignisorientierung und das Vorgehen zu ihrer Implementierung in einem Unternehmen bzw. in einer Geschäftsdomäne umrissen. Die Ereignisorientierung unterstützt vor allem Prozesse, die in Echtzeit ausgeführt werden bzw. deren Ausnahmen in Echtzeit detektiert und bearbeitet werden müssen. Aus diesen Ausführungen wird klar, dass der ereignisorientierte Ansatz nur für bestimmte Prozesse geeignet ist. Um diese Prozesse identifizieren zu können, werden hier Kriterien abgeleitet, die auf den oben beschriebenen Eigenschaften von Prozessen basieren, die sich für eine Umsetzung mithilfe der Ereignisorientierung eignen. Diese Kriterien wurden im Rahmen einer Literaturrecherche bei der sowohl Forschungsliteratur als auch industrielle Fallstudien analysiert wurden sowie aus durchgeführten Experteninterviews[18] abgeleitet. Die Anwendung dieser Kriterien auf eine reale Unternehmensfallstudie wird im Abschnitt 9.3 vorgestellt und erläutert.

Chandy and Schulte (2010, S. 79) haben als erste Autoren allgemeine Kriterien (auch AEIOU-Kriterien genannt) zur Beurteilung von betrieblichen Anwendungssystemen bezüglich ihrer Eignung für die Ereignisorientierung zusammengefasst. Demnach muss ein entsprechendes Anwendungssystem: anpassungsfähig sein, auf (unvorhersehbare) Änderungen und Abweichungen innerhalb und außerhalb des Systems reagieren sowie relevante Kennzahlen berechnen und darstellen können:

- (A) Adaptability: Anpassung an die Veränderungen im System, der Umwelt oder des Benutzers;

[18] Siehe Anhang (digital): Interviews.

- (E) Exception: Management by exception; Handlungsfähigkeit bei Ausnahmeerscheinungen oder Situationen;
- (I) Instrumentalization: Das System ist so eingestellt, dass die gemessenen und aufgenommenen Ereignisse zur Verbesserung des Systems führen;
- (O) Ouside: Reaktion auf die Ereignisse außerhalb des Unternehmens;
- (U) Unanticipated: Reaktion auf unerwartete Situationen.

Chandy and Schulte (2010) unterscheiden hier zwischen Reaktion auf eine Ausnahme und auf ein unerwartetes Vorkommen. Der Unterschied zwischen der Ausnahmen (*exception*) und einem unerwarteten (*unanticipated*) Vorkommen kann so verstanden werden, dass Ausnahmen häufig als eine Variante oder Alternative des fest gelegten Vorgehens bereits im System erfasst sind, während unerwartete Situationen im Ablauf nicht vorhergesehen werden konnten. *Adaptability* bzw. Anpassungsfähigkeit, ein weiteres Kriterium für ereignisorientierte Anwendungssysteme, wird häufig synonym mit dem Begriff der Flexibilität verwendet. Hier wird die operationelle Flexibilität nach Sethi and Sethi (1990) bzw. Holschke et al. (2010) als die Möglichkeit ein Prozessergebnis auf unterschiedlichen Alternativpfaden zu erreichen, definiert.

Die oben beschriebenen Kriterien von Chandy and Schulte (2010) beziehen sich hauptsächlich auf die Auswahl von betrieblichen Anwendungssystemen im Kontext der Ereignisorientierung. Einige der Kriterien können jedoch auch auf Geschäftsprozesse übertragen werden. Als Ausgangspunkt für weitere Kriterien können sie basierend auf Experteninterviews und Literaturstudium ergänzt werden. Neben der Anpassungsfähigkeit, also der operationellen Flexibilität der Prozesse, ihrer Fähigkeit auf Veränderungen aus der Umwelt und der beteiligten Objekte reagieren zu können und ihrer Komplexität, können weitere folgende Eigenschaften von Prozessen identifiziert werden, die ereignisorientiert umgesetzt werden können:

- Entscheidungsintensität,
- Informationsintensität,
- Datenintensität,
- Schnittstellenintensität,
- Koordinationsintensität.

Um einen Prozess bezüglich dieser Kriterien analysieren zu können, muss dieser aufgenommen und dokumentiert werden. Die oben genannten Kriterien müssen also bezogen auf ein (bereits vorliegendes) Prozessmodell operationalisiert werden. Tabelle 3.2 stellt diesen Schritt dar.

Die Kriterienausprägungen aus dem Prozessmodell müssen zum Teil weiter verfeinert werden. So wird die Komplexität anhand der im Prozessmodell vorhandenen Geschäftsobjekte identifiziert[19]. Geschäftsobjekte wurden bereits im Rahmen der Erläuterung des

[19] Weitere Metriken der Komplexität finden sich im Kapitel 6.

Kriterium	Ausprägung im Prozessmodell
Komplexität	Abhängigkeiten zwischen Geschäftsobjekten
Entscheidungsintensität	XOR bzw. OR-Splits
Informationsintensität	Präsenz von Informationsobjekten bzw. -Fluss
Datenintensität	Präsenz von Datenobjekten bzw. -Fluss
Koordinationsintensität	Informations-, Daten- oder Kontrollflussaustausch zwischen Geschäftsobjekten
Schnittstellenintensität	Interaktion zwischen Geschäftsobjekten
Anpassungsfähigkeit	Prozessvarianten und Aktivitätentransparenz

Tabelle 3.2.: Operationalisierung der Prozesskriterien zur Ereignisorientierung

Vorgehens zur Ereignisidentifikation definiert (siehe Abbildung 3.4.2), umfassen hier jedoch sowohl die direkt im Prozess beteiligten Akteure und Systeme als auch die Prozessstakeholder. Abhängigkeit unter den Geschäftsobjekten bezeichnet die inhaltlichen Zusammenhänge zwischen den Geschäftsobjekten, d.h. die Ausführung der Prozessaktivitäten durch ein Geschäftsobjekt hängt im Wesentlichen von den Ergebnissen oder dem Stand der Aktivität(en) eines oder mehrerer anderer Geschäftsobjekte ab. Anders ausgedrückt, sind komplexe Prozesse durch häufigen Beziehungsaustausch zwischen (mehreren) Prozesselementen gekennzeichnet.

Der Beziehungsaustausch im Rahmen eines Geschäftsprozesses äußert sich meist darin, dass zum Ausführen einer Aktivität das Ergebnis oder Teilergebnis einer oder mehrerer anderer Aktivitäten benötigt wird. D.h. die beiden Aktivitäten sind damit abhängig. Diese Aussage kann wie folgt formalisiert werden:

- Input I_a der Aktivität A hängt vom Output O der Aktivität n eines Geschäftsprozesses P ab: I_a= O (n),
- Hängt der Input der Aktivität A von Ergebnissen mehrerer Aktivitäten ab, dann: $I_a = \sum_{i=1}^{m} O(n_i)$, $m \leq k$, k = Anzahl der Aktivitäten von P.

Somit existieren m relevante Aktivitäten in P. Als relevante Aktivitäten werden hier Prozessschritte verstanden, die Input für die Ausführung der Aktivität A liefern. Steuert eine Aktivität zum Input einer anderen Aktivität bei, findet ein Beziehungsaustausch zwischen diesen beiden statt. Die Komplexität des Prozesses wird damit erhöht.

Der Output O_a einer Aktivität A kann als das Ergebnis einer Funktion f_a angewendet auf den als Input verwendeten Output einer anderen Aktivität n_i und eines unabhängigen Inputs I_x verstanden werden: $O_a = f_a(I_x, O(n_i))$.

Das Prozessergebnis O_p ist damit ein Output, der alle Outputs der relevanten Aktivitäten aus P und die von vorhandenen Aktivitäten unabhängigen Inputs, die für die Prozessausführung benötigt werden, zusammenfasst: $O_p = f_p(\sum_{x=0.}^{l} I_x, \sum_{i=1}^{k} O(n_i))$, mit l= Anzahl der relevanten unabhängigen Inputs und k= Anzahl der ausgeführten Aktivitäten im Prozess. Durch die Betrachtung des Prozessoutputs, kann, evtl. nach einem Normalisieren mit der Anzahl der im Prozess vorhandenen Aktivitäten m, eine Aussage darüber getroffen werden, ob ein Prozess als komplex bezeichnet werden kann.

Die Entscheidungen, die im Prozess zu treffen sind, können auf der operationellen Ebene zum Teil durch die Präsenz von XOR bzw. -OR-Splits identifiziert werden. Diese können als Indikatoren für operationelle Entscheidungen im Prozess betrachtet werden. Je mehr dieser Splits im Prozessablauf zu finden sind, desto mehr Entscheidungen sind bezüglich des Prozessablaufs zu treffen.

Informationsverteilung im Prozess kann anhand der modellierten Informationsobjekte bzw. des Nachrichtenflusses identifiziert werden. Sind diese Elemente nicht explizit im Modell vorhanden, kann die *Information*sstruktur aus dem Modell nicht bestimmt werden. Ähnlich der Informationsintensität verhält es sich mit der Bestimmung der *Daten*struktur eines Prozesses. Sind die Datenobjekte und –Ströme nicht explizit im Modell gekennzeichnet, kann diese Eigenschaft nicht konkret bewertet werden.

Gerade verteilte Prozesse zeichnen sich durch einen Koordinationsaufwand zwischen den Ergebnissen der Unterprozesse und der beteiligten Akteuren aus. Auch hier ist die Anzahl der beteiligten Akteure sowie die der beteiligten Unterprozesse eine Kenngröße, die die Koordinationsintensität eines Prozesses bestimmt. Die Schnittstellenintensität drückt sich in einer starken Interaktion, also dem Austausch von Nachrichten- bzw. Informationsfluss, zwischen den Geschäftsobjekten aus. Die Anpassungsfähigkeit kann durch die Anzahl der Prozessvarianten bzw. die Transparenz der Aktivitäten ausgedrückt werden. Allerdings können diese Eigenschaften nur schwer eindeutig aus dem Prozessmodell identifiziert werden. Durch die Analyse eines Geschäftsprozesses nach diesen Kriterien, kann also festgestellt werden, ob eine ereignisorientierte Umsetzung für den betrachteten Prozess möglich bzw. sinnvoll ist. Wird ein Prozess als potenziell für die Umsetzung mithilfe der Ereignisorientierung geeignet identifiziert, müssen auch die wirtschaftlichen Vor- und Nachteile dieser Umsetzung betrachtet werden. Chandy and Schulte (2010) schlagen folgende Kriterien für die Bestimmung der Vor- und Nachteile einer ereignisorientierten Umsetzung vor:

- Relevanz (*relevance*) der Information für den Nutzer (R);
- Aufwand (*effort*) das Nutzerprofil so anzupassen, dass der Nutzer die Information bekommt, die er für notwendig betrachtet (E);
- Genauigkeit (*accuracy*) der aufgenommenen Ereignisse (A);
- Vollständigkeit (*completeness*) der aufgenommenen Ereignisse (C);
- Zeitspanne (*timeliness*) der Antworten (T);
- Sicherheit (*security*) und Herkunft der Information sowie die Verlässlichkeit (*reliability*) des Systems (S).

Diese Metriken werden auch als die REACTS-Kriterien bezeichnet und beziehen sich auf die Aspekte, die bei der Einrichtung bzw. dem Erwerb eines ereignisverarbeitenden Systems von Bedeutung sind, lassen jedoch allgemeine betriebswirtschaftliche Aspekte wie Kosten, Investitionshorizont, potenzielle Verbesserungen der operationellen, taktischen und strategischen Ziele und technische Bereiche wie Integration in die vorhandene Infrastruktur und Architektur sowie Instandhaltung des Systems außer Acht.

3.5. Geschäftsregeln und Ereignissteuerung

Die ECA-Regeln wurden bereits im Abschnitt 3.1 vorgestellt. Diese werden durch das Eintreten eines definierten Ereignisses ausgelöst und stoßen, wenn die definierte Bedingung erfüllt ist, eine Aktion an. Somit befinden sich die Geschäftsregeln und die auftretenden Geschäftsereignisse in einem Abhängigkeitsverhältnis. Im Kontext der Ereignisorientierung und –Steuerung wird der Begriff der Ereignisregeln (*event rules*) verwendet, um die Logik, die nach dem Eintreten eines Ereignisses ausgelöst wird, zu beschreiben. Im Bereich der IT-Netzwerke bezeichnen *event rules* Regeln, die eine Analyse und Sammlung von Daten erlauben. Sie legen ebenfalls die Reaktion auf die auftretenden Ereignismuster fest[20]. Dieser Begriff existiert auch in weiteren Bereichen der Softwareentwicklung. So bezeichnen die Ereignisregeln z.B. im Bereich der konzeptionellen Modellierung den Übergang zwischen den Zuständen eines Schemas (Ekenberg and Johannesson (1996)).

Im Rahmen der Geschäftsprozessmodellierung haben Decker et al. (2007) eine Sprache zur Modellierung von zusammengesetzten Ereignissen in Geschäftsprozessen vorgeschlagen (die *Business Event Modeling Notation,* BEMN), im Rahmen derer auch der Begriff der Ereignisregel verwendet wird. Hier beinhaltet eine Ereignisregel eine Beschreibung des Ereignismusters, d.h. einer Spezifikation der Ereigniskombination, die mit den aufgetretenen Ereignissen verglichen werden soll sowie die Beschreibung der Ereignismenge, die als Ergebnis der Regelanwendung entsteht.

In dieser Arbeit werden die Ereignisregeln jedoch der Klasse der Prozessregeln zugeordnet. Da ein Ereignis die Zustandsänderung eines Objektes ist, beschreiben die Ereignisregeln die Art und Weise der Transformation des Systems durch das Auftreten des entsprechenden Ereignisses. Somit können die Ereignisregeln als eine Klasse der Geschäftsregeln betrachtet werden, *die die logischen Zusammenhänge zwischen den eintretenden Ereignissen und den Maßnahmen, die unter diesen Bedingungen getroffen werden sollen, festlegen und beschreiben.*

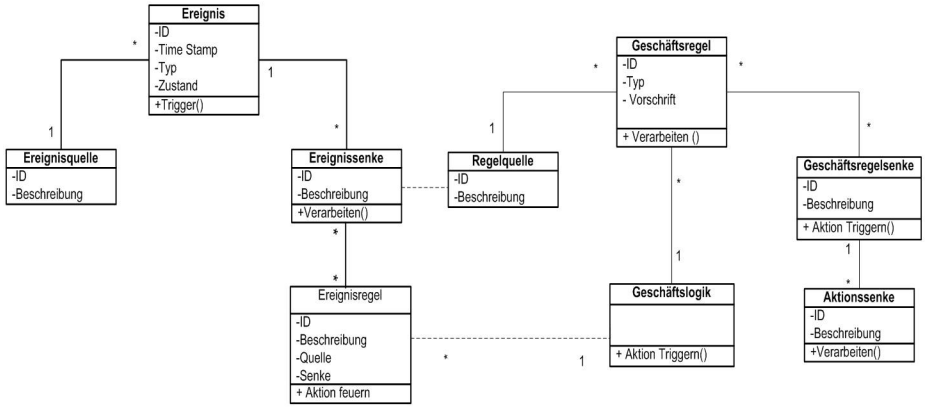


Abbildung 3.5.1.: Geschäftsregeln und Ereignisse (eigene Darstellung)

Die Abbildung 3.5.1 zeigt eine mögliche Beziehung zwischen den Ereignissen, Ge-

[20] http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc181102.aspx

schäftsregeln und den jeweiligen Strukturen. Dabei wird deutlich, dass die Ereignisse und ihre Verarbeitung durch die Ereignisregeln eng mit der Geschäftslogik wie sie in den Geschäftsregeln zusammengefasst ist, verbunden sind. Diese Tatsache wird in der Diskussion in den Bereichen des Complex Event Processing[21] und der Geschäftsregelverarbeitung allerdings häufig vernachlässigt. In der Abbildung 3.5.1 wird diese Verbindung dadurch deutlich, dass die Ereignissenke gleichzeitig auch die Regelquelle darstellt, da ein Ereignis die entsprechende Regel anstößt, die anschließend eine Aktion oder ein Datum, das aus diesem Ereignis folgt, generieren kann. Das geschieht dadurch, dass das Ereignis das Datum ist, das (evtl. in Kombination mit weiteren Daten oder Tatsachen) eine Wirkung gemäß der Regelaussage initiiert.

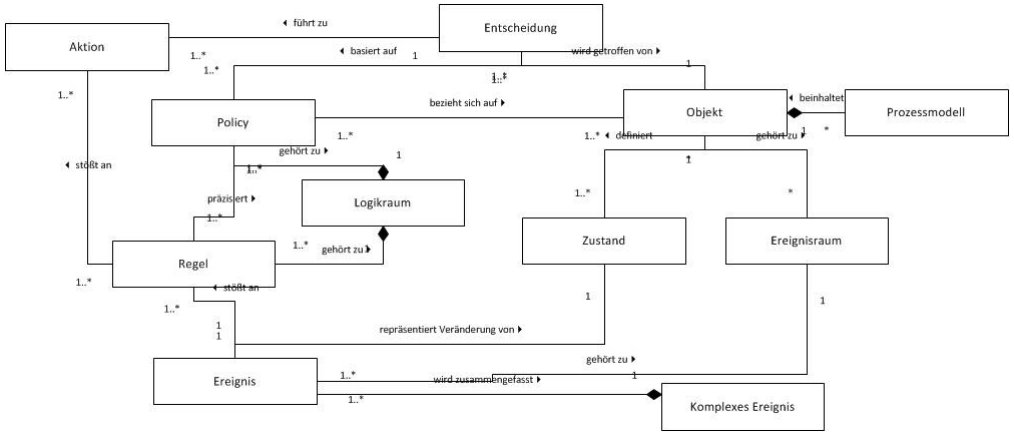


Abbildung 3.5.2.: Komplexe Ereignisse im Kontext der Geschäftsregeln (El Kharbili and Stojanovic (2009))

Wird der Zusammenhang zwischen Ereignissen und Steuerungskonstrukten des Prozesses wie den Geschäftsregeln oder *policies* betrachtet, kann daraus das in der Abbildung 3.5.2 dargestellte Metamodell abgeleitet werden. Ereignisse entstehen aus der Zustandsänderung eines Objektes und stoßen Geschäftsregeln an. Diese sind die Operationalisierung von *policies*, die auf bestimmte Objekte im Geschäftsprozessmodell bzw. im Unternehmen wirken (El Kharbili and Stojanovic (2009)). Die angestoßenen Regeln führen zu einer (Re-)Aktion, die auch eine Entscheidung voraussetzen kann. Für die Entscheidungsfindung sind jedoch nicht hauptsächlich die einzelnen Ereignisse relevant, sondern die zusammengesetzten, also komplexen, Ereignisse, da sie einen informationellen Mehrwert für den Entscheidungsfinder beinhalten. Durch eine bewusste Ereignisorientierung kann die unmittelbare Umsetzung der Geschäftsregeln unterstützt werden.

Auch was den Kommunikationsansatz in einer Geschäftsanwendungsarchitektur betrifft, sind sowohl die Geschäftsregelorientierung als auch die Ereignissteuerung ähnlich ausgerichtet. Die Geschäftsregelorientierung unterstützt mit ihrer Struktur (siehe Abbildung 3.1.3): Regel-Quelle, Regelaussage, Regel-Senke einen asynchronen Kommunikati-

[21] Complex Event Processing (CEP) ist ein Teilgebiet der Ereignisorientierung, das sich mit Technologien und Algorithmen für die Auswertung von komplexen Ereignissen auseinander setzt (siehe Luckham).

onsansatz. Die Regelsenke wartet auf das Feuern der Regelquelle, um ihrerseits aktiv zu werden. Somit wird ein *publish-subscribe* - Mechanismus bereits etabliert noch bevor eine Architektur konzipiert wurde. Das Feuern der Quelle stellt ein Ereignis dar, für den sich die Geschäftsregelsenke subskribieren kann. Für die Entwicklung der Architektur, die Geschäftsprozesse ereignisgesteuert und regelorientiert unterstützen soll, heißt es, dass sie die Phasen Aufnahme und Modellierung der Geschäftsregeln und Ereignisse unbedingt beinhalten muss. Eine solche ereignisgesteuerte Architektur kann als eine Zusammenfassung bzw. ein Querschnitt gesehen werden, das den Lebenszyklus der gesamten Geschäftspolitik und somit der Geschäftsregeln, umfasst (McGovern et al. (2006, S. 322)). Für die tatsächliche Ausführung der Ereignissteuerung sieht (McGovern et al. (2006, S. 322)) bei der Regelverarbeitung den Vorteil in der Rückwärtsverkettung[22], weil hier die Ereignisse, also die Voraussetzungen in der Sprache der regelbasierten Systeme, beobachtet und verarbeitet werden. Die Zuweisungen der Ereignisse zu Regeln und Aktionen müssen dennoch zunächst durch eine ereignis- oder regelverarbeitende Komponente ermittelt werden.

3.6. Information im betrieblichen Kontext

Der Begriff Information stammt aus dem Lateinischen. Das Verb *informare* bedeutet bilden bzw. Gestalt geben. Seit dem 20. Jahrhindert wird dieser Begriff in vielen Wissenschaftsgebieten, aber auch in der Umgangssprache verwendet. Jedoch kann der Begriff Information auf unterschiedliche Weise definiert werden. Vereinfacht gesprochen, kann eine *Differenz in der Wahrnehmung der Umwelt* als eine Information aufgefasst werden (Case (2007, S. 5)). Eine quantitative Sicht, die aus der Nachrichtentechnik stammt, bietet die Informationstheorie von Shannon and Weaver (1972, S. 3). Diese Sicht beschreibt die Übertragung von Nachrichten, die als Signale repräsentiert sind, zwischen einem Sender (einer Quelle) und einem Empfänger (einer Senke). Die Begriffe Signale bzw. Daten und Nachrichten sowie Quelle und Senke werden hier als syntaktische Merkmale der Information übernommen.

Die Betriebswirtschaft nimmt gegenüber der Information folgende Sichten ein (Engelmann and Großmann (2008)):

Produktionswirtschaftliche Sicht: Information als Produktionsfaktor;

Entscheidungstheoretische Sicht: Information zur Vorbereitung von Entscheidungen und Handlungen;

Strategische Sicht: Gebrauch von Information um einen Vorsprung im Wettbewerb zu erlangen;

Sicht der Institutionsökonomie: Berücksichtigung der beschränkten Realität, Opportunismus und veränderbaren Wissens.

[22] Um die fallbezogenen Informationen, also Regeln, abzuleiten, gehen die Inferenzmaschinen entweder nach „vorne“, d.h. von der Beobachtung bzw. der Tatsache zur Aussage (*forward-chaining*, Vorwärtsverkettung), oder sie gehen „zurück“, d.h. von einer Hypothese, die erfüllt sein muss, zu den Ausgangsdaten, um diese Hypothese zu überprüfen (*backward- chaining*, Rückwärtsverkettung).

In dieser Arbeit wird sowohl die produktionswirtschaftliche als auch die strategische Sicht auf die Information eingenommen. Diese wird auch von der sich in der Betriebswirtschaftlehre verbreiteten Definition von Wittmann (1959, S. 14) unterstützt: „Information ist zweckorientiertes Wissen, also solches Wissen, das zur Erreichung eines Zwecks, nämlich einer möglichst vollkommenen Disposition eingesetzt wird".

Diese Aussage verdeutlicht die pragmatische Ausrichtung als Wesensmerkmal von Information. Pragmatik ist auch eine der drei Betrachtungsebenen der *Semiotik*, einer Wissenschaft, die sich mit Zeichensystemen (Syntax) sowie Zeichenentstehung (Semantik) und –Gebrauch (Pragmatik) befasst. Das pragmatische Merkmal ist hier von besonderer Bedeutung und bezieht sich auf die Frage, ob eine Nachricht einen Einfluss auf die Handlungen des Empfängers ausübt. Wird also der Zweck berücksichtigt, den die Nachricht für den Empfänger darstellt, wird die Nachricht zu einer Information.

Die syntaktische Ebene betrachtet die Darstellung und Übertragung von Signalen, Zeichen und Symbolen. Diese Ebene wurde auch bei der nachrichtentheoretischen Informationsdefinition aufgegriffen und als mathematisch-statistischer Zusammenhang dargestellt. Dadurch kann der Begriff des Informationsgehalts i quantifiziert werden: $i = log_2 \frac{1}{p(x)}$, mit p(x) als Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses oder Symbols x (Hartley (1928)). Dabei wird deutlich, dass der Wert des Informationsgehaltes mit der Häufigkeit des Auftretens des Symbol x sinkt. Die Shannon'sche Informationstheorie führt somit zwar die Quantifizierung der Information ein, sagt jedoch nichts über ihre Eignung zur Problemlösung bzw. Bedeutung aus.

Die semantische Ebene interpretiert die Bedeutung von Signalen und Nachrichten. Dabei entsteht die Bedeutung durch die Zusammensetzung einzelner Signale zu einer Signalfolge, die eine Nachricht auslösen können. Die pragmatische Ebene beschreibt den vom Sender und Empfänger gemeinsam genutzten Zeichenvorrat und berücksichtigt die unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten der Zeichenfolgen. Sie setzt also den Adressaten in Beziehung zur Information. Somit beschreibt die Syntax die Regeln, nach welchen ein begrenzter Zeichenvorrat erzeugt wird, die Semantik beschreibt die Bedeutung der so entstandenen Zeichenkombination und die Pragmatik der Information die inhaltliche Interpretation der Zeichen durch den Sender bzw. Empfänger (Biethahn et al. (2004, S. 6-7)).

Nun soll der Informationsbegriff gegen den Daten- und Nachrichtenbegriff abgegrenzt werden. Daten sind nach DIN 44300 (Bauer and Dreyer (1964, S. 556-564)) Zeichen oder kontinuierliche Funktionen, die aufgrund von bekannten oder unterstellten Abmachungen und zum Zweck der Verarbeitung Informationen darstellen. Information kann also auch als ein mit Bedeutung versehenes Datum verstanden werden (Engelmann and Großmann (2008)). Eine Nachricht ist eine Zeichenmenge, die Informationen für die Weitergabe darstellt. Anders ausgedrückt sind Nachrichten Zeichenmengen, die für den elektronischen Transport strukturiert wurden (Heine (1999, S. 26)).

Wittmann (1959) hebt den pragmatischen Aspekt der Information hervor und identifiziert Information als Wissensänderung bei dem Empfänger, die eine Handlung auslösen kann. Somit kann der Zweck von Information in der Vorbereitung des Handelns gesehen werden. Teubner (1999) greift auch den pragmatischen Aspekt der Information im be-

trieblichen Umfeld auf und definiert Information als „explizites Wissen, das Menschen zur Erfüllung betrieblicher Aufgaben nutzen oder bereitstellen“ (Teubner (1999, S. 17)). Diese Definitionen greifen auf den Wissensbegriff zurück. Vereinfacht kann der Begriff als die „Gesamtheit aller Kenntnisse und Fertigkeiten auf einem bestimmten Gebiet” (Stickel (2001, S. 2)) zusammengefasst werden. Zum Wissen gehören demnach neben Daten und Informationen als Faktenwissen auch Regeln, Kenntnisse über Theorie- und Modellbildung, Algorithmen und Heuristiken, etc. (Stickel (2001)).

Biethahn et al. (2004) vertreten die Sicht auf die Information als „das Wissen, das ein Entscheider über künftige Sachverhalte benötigt“ (Biethahn et al. (2004, S. 9)). Dabei soll beachtet werden, dass die Information auf das Wissen begrenzt wird, das zur Entscheidung benötigt wird. Diese Forderung kann auch der Forderung nach Informationseffizienz zugeordnet werden.

Der Begriff der *Kommunikation* soll hier näher betrachtet werden. Dieser hat sich aus dem Lateinischen *commun* (= gemeinschaftlich, gemein) entwickelt. Damit ist zunächst die Verständigung bzw. der Umgang miteinander gemeint. Heinrich (1993, S. 108) definiert Kommunikation als ein Prozess an dem mindestens zwei Partner (Sender und Empfänger) beteiligt sind. Dabei ist das Ziel des Senders eine Informationsverbindung über einen Kommunikationskanal mit dem Empfänger aufzubauen. Da im Kontext dieser Arbeit auch die Softwareanwendungssysteme als Prozessakteure betrachtet werden, kann hier die Definition von Teubner (1999, S. 18) übernommen werden. „Kommunikation bezeichnet den Austausch von Informationen zwischen Menschen, zwischen Menschen und Maschinen sowie zwischen Maschinen“

Das Wort Kollaboration hat wiederrum seinen Ursprung im Lateinischen und setzt sich aus dem Präfix co- (mit) und dem Verb *laborare* (= arbeiten) zusammen. Damit bezeichnet die Kollaboration eine Zusammenarbeit von mehreren Teilnehmern oder Teilnehmergruppen, die dazu dient ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Im Kontext dieser Arbeit wird unter dem Ziel das Prozessziel und die Teilnehmer sind Prozessakteure, die unterschiedlichen Unternehmen bzw. unterschiedlichen Abteilungen und Prozessaktivitäten eines Unternehmens zugeordnet werden können (siehe Abschnitt 7) verstanden.

Information kann im betrieblichen Kontext z.B. folgende Ausprägungen annehmen: Bilder, Texte, Daten, Wissen oder Erfahrung. Die Informationsausprägung spielt bei der Gestaltung der Kommunikation bzw. des Informationsaustausches eine wichtige Rolle. Hier wird die Information im Rahmen der Kommunikations- und Kollaborationsaktivitäten des Prozesses ausgetauscht. Dabei dienen diese beiden Aktivitätentypen dazu, Information als Ressource zu akquirieren, d.h. Daten auszutauschen, um ein Prozessziel erreichen zu können.

3.6.1. Informationseffizienz

Wird die entscheidungstheoretische oder die Ressourcensicht auf Informationen eingenommen, muss die Informationseffizienz berücksichtig werden. So wird es deutlich, dass die Informationsbeschaffung, -Verarbeitung und -Weiterleitung einen Aufwand bzw. Kosten erzeugt. Informationseffizienz kann im Rahmen der Geschäftsprozessanalyse und –Optimierung als eines der Kernfaktoren bei der Ausnutzung der kritischen Ressourcen und

somit als ein wichtiger Wettbewerbsfaktor betrachtet werden. Aus der Systemtheorie kann die Informationseffizienz als eine Metrik für den Beitrag der Systemelemente zur Systemeffizienz durch die Transformation des Input- in das Outputsignal betrachtet werden.

Das Verhalten des Systems resultiert aus dem Verhalten der einzelnen Elemente, dieses ist aber von der Informationsverarbeitung und –Austausch determiniert. Das Verhalten des Systems wird also durch seinen Umgang mit Informationen bestimmt. Kann also keine Informationseffizienz erreicht werden, hat es einen direkten negativen Einfluss auf das Erreichen der Systemeffizienz. Die Systemeffizienz im betrieblichen Umfeld bzw. bei der Analyse von Geschäftsprozessen kann aus den Aspekten: Zeit, Kosten und Ressourcennutzung zusammen gesetzt werden (Kramer (1962, S. 19ff)). Da Information eine wichtige Ressource bei der Ausführung von Geschäftsaktivitäten darstellt, muss ihre Verwaltung ausführlich betrachtet werden. Radner (1993) schlägt vor, die folgenden Aspekte der Informationseffizienz zu betrachten und als Steuerungspunkte zu benutzen:

- Beobachtung der Umweltdaten
- Die Anzahl und Fähigkeiten der individuellen Prozessoren (Aktivitäten und Personen)
- Kommunikationsnetzwerk, das die Daten weiterleitet
- Die Zeitdifferenz zwischen der Datenbeobachtung und Entscheidungsfindung.

Diese Aspekte zeigen auf, dass die einzelnen Systemelemente und ihre Struktur (das Kommunikationsnetzwerk) eine entscheidende Rolle bei der Kontrolle und Etablierung der Informationseffizienz spielen. Daraus kann auch die entsprechende Definition abgeleitet werden.

Von Informationseffizienz im Kontext der Geschäftsprozessanalyse kann bei der Abwesenheit von überflüssigen bzw. fehlenden Informationen bei der Ausführung einer Prozessaktivität gesprochen werden. Die Information ist also dann effizient, wenn sie:

- Zum benötigten Zeitpunkt,
- Bei dem zuständigen Akteur,
- Im benötigten Umfang,
- In der benötigten Form

vorliegt. Es darf also weder ein Informationsdefizit, noch eine Informationsüberlastung beim Empfänger vorliegen. Um diese Aspekte berücksichtigen zu können, muss innerhalb der Geschäftsprozessanalyse die *Informationsstruktur* des Prozesses bestimmt werden und eine Informationsbedarfsanalyse statt finden. Dabei gilt es die Informationsquellen und –senken zu identifizieren, um sie entsprechend vernetzen zu können bzw. informationsintensive Prozesse und ihre Kernelemente zu identifizieren, um ihnen die benötigten Informationszugänge zu ermöglichen. Diese Eigenschaften können auch quantifiziert

aufgenommen und für weitere Analysen, z.B. im Rahmen der Bewertung von internen Prozessen durch eine Balanced Score Card, verwendet werden. Die Ermittlung und Pflege der Informationsstruktur sowie die des Informationsbedarfs sind die Aufgaben des Informationsmanagements (siehe Abschnitt 3.6.3).

3.6.2. Bedeutung der Information im Kontext dieser Arbeit

Im Kontext des Geschäftsprozessmanagements kann zwischen Information zur Bewertung und Analyse von Prozessen, im Rahmen der Prozessbeobachtung, also des Monitorings (siehe z. B. Weske (2007)) und Information zur Ausführung von Prozessaktivitäten, also Information als Ressource unterschieden werden. Die Anwendung der Information zur Bewertung von Prozessen kann dem Gebiet der Datenverarbeitung zugeordnet werden. Die Verwendung der Information als Ressource ist für das Erreichen des Prozessziels unbedingt notwendig. Ihre Beschaffung und Verarbeitung werden somit auch der Effizienzforderung des Geschäftsprozessmanagements unterworfen. Für das optimierende Eingreifen der Unternehmensführung in die Prozesse ist es also notwendig, dass die Informationen zum richten Zeitpunkt in einer angemessenen Qualität und Quantität an der richtigen Stelle vorliegen. Gerade im Kontext der zunehmenden Verteiltheit der Prozessaktivitäten spielen die Information und die damit verbundene Kommunikation eine sehr wichtige Rolle, da sie als Verbundelemente fungieren (Aier (2006b, S. 12f)). Aus entscheidungstheoretischer Sicht stellen Informationen eine notwendige Bedingung für unternehmerische Entscheidungen sowohl auf den operativen und taktischen als auch auf der strategischen Ebene dar. Auch hier spielt die Informationseffizienz eine wichtige Rolle. Ein effizienter Informationsfluss ist also ein wesentlicher Faktor für den Unternehmenserfolg (Lercher (2000, S. 49f)).

Die Information wird in dieser Arbeit unter folgen den Gesichtspunkten betrachtet:

- Information wird als Input von Prozessen bzw. Prozessaktivitäten verstanden, der sowohl zu ihrer Ausführung als auch der Analyse, Bewertung und Steuerung dient (Ressourcensicht).
- Prozesse bzw. Prozessaktivitäten verarbeiten, erzeugen und tauschen Informationen aus; sie werden als Informationsprozessoren betrachtet.
- Informationsflüsse bilden die Grundlage zur Visualisierung der Interaktionsstrukturen der Prozesselemente.
- Informationen können IT-unterstützt verarbeitet und verbreitet werden.
- Informationen bilden eine Grundlage für Unternehmensentscheidungen (entscheidungstheoretische Sicht).

Die Grundlage für das Verständnis des Informationsbegriffs bildet dabei die oben genannte Definition von Wittmann (1959). Das Ziel dieser Arbeit im Bezug auf Informationen ist es also, die Informationsflüsse zur Prozessvisualisierung und -Strukturierung einzubeziehen. Die so gewonnene Transparenz erlaubt es, die Informationsbedürfnisse der

Prozessakteure visualisieren, analysieren und effizient befriedigen zu können. Bei dieser Betrachtung werden weder die Semiotik, noch die nachrichtentheoretischen Aspekte der Übertragung von Informationen wie Informationsverlust oder Störung berücksichtigt.

3.6.3. Informationsmanagement

Das Informationsmanagement beschäftigt sich mit der Planung, Steuerung und Kontrolle des Informationseinsatzes. Dabei wird die Information als Ressource behandelt. Zur Verwaltung der Ressource Information werden häufig Informations- und Kommunikationssysteme eingesetzt. Die Informationsverarbeitung ist für Unternehmen von großer Bedeutung, da damit sowohl die strategischen Ziele als auch die kritischen Erfolgsfaktoren beeinflusst werden können. Strategische Unternehmensführung beinhaltet neben der Planung, die Ausarbeitung bestimmter Handlungsalternativen sowie die entsprechende Entscheidung. In der Entscheidungsphase sollen die Handlungsalternativen untersucht, formuliert und anhand der gegebenen Voraussetzungen ausgewählt und realisiert werden. Informationen stellen die wichtigste Grundlage von Entscheidungen dar (Pasckert (1997, S. 261)) und tragen zur Qualität der Entscheidungen bei (Biethahn et al. (2004, S. 16)). Dadurch beeinflussen die Informationen, die bereits vorhanden sind oder zum Abrufen zur Verfügung stehen, das (ökonomische) Verhalten der involvierten Akteure.

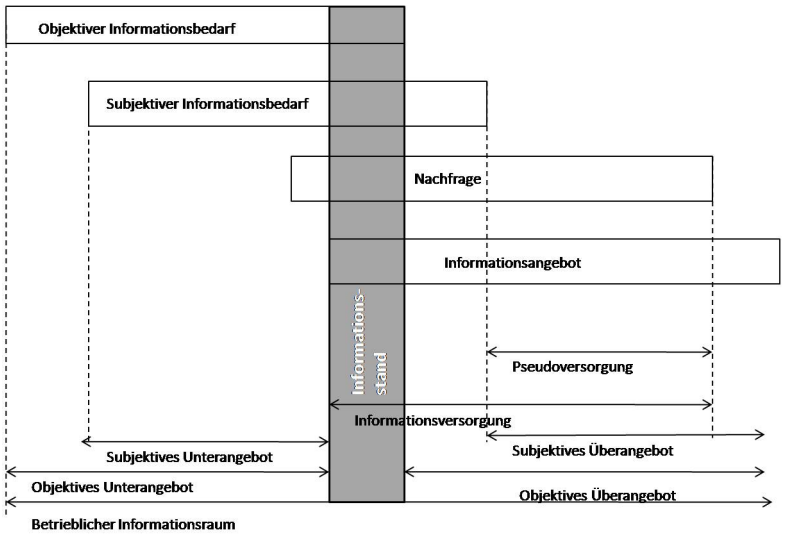


Abbildung 3.6.1.: Betriebliche Informationsmengen (Strauch (2002, S. 70))

Die Menge der betrieblichen Informationen kann in die Untermengen: Informationsbedarf und –Angebot gegliedert werden. Des Weiteren kann zwischen objektivem und subjektivem Bedarf und (Unter- oder Über-) Angebot unterschieden werden (s. Abbildung 3.6.1). Das Informationsangebot ist die Gesamtheit der Informationen, die einem Nachfrager zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort zur Verfügung stehen (vgl. Mayer (1999, S. 166f), Strauch (2002), Picot et al. (1996)). Das Informati-

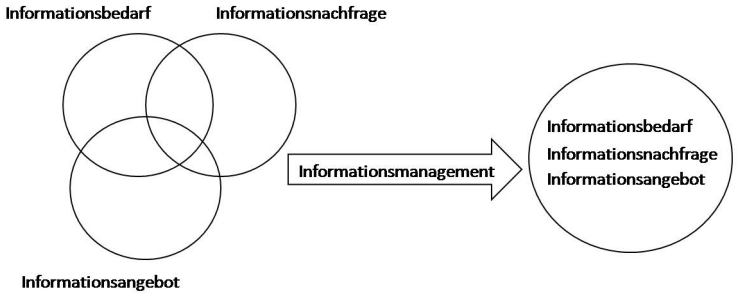


Abbildung 3.6.2.: Aufgaben des Informationsmanagements (Stickel (2001, S. 4))

onsangebot umfasst sowohl betriebsinterne als auch -externe Quellen. Die Schnittmenge zwischen Informationsnachfrage und Informationsangebot wird als Informationsversorgung bezeichnet (Strauch (2002)). Als *Pseudoversorgung* wird die Untermenge an Informationen definiert, die zwar nachgefragt werden, aber in keinem Zusammenhang mit der Tätigkeit des Nachfragers stehen (Strauch (2002, S. 70)). Der Informationsstand ist die aktuelle Abdeckung der Informationsnachfrage mit dem Angebot.

Die Aufgabe des Informationsmanagements besteht also darin, eine Übereinstimmung zwischen dem Informationsbedarf und Informationsnachfrage sowie dem vorhandenen oder geplanten Informationsangebot herzustellen (siehe Abbildung 3.6.2), so dass die Informationsversorgung optimiert werden kann. Neben der Gestaltung und Verwaltung von betrieblichen Informations- und Kommunikationssystemen, werden also auch die Informationsstrukturierung und Steigerung der Informationseffizienz als Aufgaben des Informationsmanagements betrachtet. Die Optimierung der Informationsversorgung wird insbesondere als ein Aspekt der Informationseffizienz gesehen.

3.6.4. Informationsstruktur

Als Struktur kann im Kontext der Systemtheorie bzw. der Netzwerktheorie das Beziehungsmuster zwischen Elementengruppen verstanden werden (siehe dazu auch Abschnitt 4.3.2). Die Sprachwissenschaft führt den Begriff der Informationsstruktur (zumeist eines Satzes) ein. Diese beinhaltet Angaben darüber, welcher Teil einer Aussage, unter welchen Gesichtspunkten und in welchem Kontext informativ ist. Dabei existieren zahlreiche Sichten welche elementaren Bestandteile eine Informationsstruktur darstellen. (Danes (1970), Sgall et al. (1986)) Die meisten der Ansätze beinhalten jedoch mindestens eines der folgenden Eigenschaften: Gegebenheit (*givenness*) und Bezogenheit (*aboutness*).

Der Begriff der Informationsstruktur wurde entwickelt, als es klar wurde, dass die grammatische Satzstruktur den Satzinhalt nicht vollständig wiedergeben kann. Die Differenzen in den inhaltlichen Aussagen wurden der psychologischen Struktur zugeordnet. Die Gegebenheit beinhaltet zwei weitere Aspekte: den Fokus (was ist neu bzw. informativ) und Hintergrund (was ist bereits bekannt bzw. der Kontext der Information). Die Bezogenheit bezeichnet den subjektiv wahrgenommenen Inhalt eines Informationsobjekts (z. B. Bild, Text, etc.). Hier werden auch zwei weitere Aspekte: Thema (worüber wird

gesprochen) und Kommentar bzw. Aussage (griechisch: Rhema; die subjektive Suchtweise des Informationsträgers) unterschieden. (Danes (1970), Sgall et al. (1986))

Die Entwicklung der Gestalttheorie, insbesondere die Konzepte der Figur (Gestalt) und des Hintergrunds, hat zur Entwicklung des Begriffs der Informationsstruktur geführt. Der Gestalteffekt sagt aus, dass die Menschen ihre Wahrnehmung in bestimmten Mustern, also Gestalten, organisieren und nicht die einzelnen Elemente bzw. ihre Eigenschaften individuell auswerten (Wertheimer (1925)). Zunehmend wird der Begriff der Informationsstruktur auch im Bereich des Marketing und der Entscheidungswissenschaften verwendet. Gerade im Kontext der zunehmenden Variantenvielfalt von Produkten bzw. komplexen und umfangreichen Informationen, beeinflusst die Menge und die Struktur der Informationen das Verhalten der Akteure.

Lurie (2004) verbindet die Forschung zu Informationsüberlastung (Jacoby et al. (1974a,b), Keller and Staelin (1987), Malhotra (1982)) und Entscheidungsprozessen (Bettman et al. (1993), Payne et al. (1988)), indem er die Abhängigkeit der Informationsüberlastung von strukturellen Faktoren der Information untersucht. Dabei wird deutlich, dass die Qualität der Entscheidungen fällt, wenn die Anzahl der Auswahlmöglichkeiten bzw. der Attribute dieser Möglichkeiten steigt. Lurie (2004) wendet den Ansatz der Informationsstruktur an, um ihren Einfluss auf die Informationsakquisition, Informationsverarbeitung und Entscheidungsqualität zu untersuchen und das Auftreten des Informationsüberflusses vorherzusagen. Bei der Anwendung des strukturellen Ansatzes, wird deutlich, dass die Informationsmenge, die verarbeitet werden muss, mit der Menge der Attributebenen steigt. Das Maximum wird dann erreicht, wenn die Attributebenen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit auftreten. Das bedeutet, dass die Informationsüberlastung steigt und die Entscheidungsqualität sinkt, je komplexer die Auswahl bzgl. der Zahl der Alternativen bzw. ihrer Eigenschaften gestaltet ist. Bei der Gleichverteilung der Attributebenen über die Auswahlalternativen, definiert Lurie (2004) den Informationsgehalt I eines Attributes A mit a Attributebenen als[23]: $I(A) = log_2 a$.

Dabei ist die Informationsüberlastung eine Funktion des Informationsgehalts. Die Untersuchung von Lurie (2004) hat gezeigt, dass die Steigerung der Zahl von Alternativen zu einer Verschlechterung der Entscheidungsqualität führt, aber nicht unbedingt zu einer Informationsüberlastung. Das Verhalten bei der Informationsakquise variiert je nach Informationsgehalt pro Element. Eine Änderung in der Informationsstruktur, die zu einer Erhöhung der Information innerhalb einer Alternative führt, resultiert in einer sinkenden Entscheidungsqualität. Die Erhöhung der Informationsmenge innerhalb einer Alternative führt auch zum erhöhten Informationsverarbeitungsaufwand. Diese Untersuchung zeigt also, dass die Berücksichtigung von strukturellen Maßen der Information dazu führen kann, die Informationsüberlastung vorherzusagen und entsprechend zu kontrollieren.

Im Kontext der Geschäftsprozesse können folgende Informationsstrukturen betrachtet werden: logische Struktur sowie dynamische und statische Informationen. Die logische Struktur wird durch die Geschäftsregeln und ihre Strukturierung verkörpert. Die statischen Informationen liegen in Prozess- und Organisationsmodellen vor bzw. werden

[23] Angelehnt an die Informationsdefinition von Shannon und Forschung von Bettman et al. (1993), Jacoby et al. (1974b), Keller and Staelin (1987), Malhotra (1982), Payne et al. (1988).

durch entsprechende Visualisierung der Kommunikationsstrukturen sichtbar. Dynamische Informationen können im Prozessablauf beobachtet und analysiert werden.

Die Informationsstruktur eines Geschäftsprozesses entsteht aus den Beziehungen zwischen den Mengen A und S bzw. der Prozessakteure und –Aktivitäten sowie der internen Beziehungen innerhalb dieser beiden Mengen. Innerhalb der Strukturen können bestimmte Rollen identifiziert werden. Akteure können nach ihrem Kommunikationsverhalten (starke oder schwache Kommunikationsintensität) unterschieden werden. Aktivitäten können nach ihrer Rolle im Informationstransfer als Informationsquelle oder –Senke fungieren bzw. bezüglich ihres Einflusses auf das Prozessergebnis unterschieden werden. Im Abschnitt 7 werden diese und andere möglichen Ausprägungen der Informationsstrukturen in einem Geschäftsprozess definiert und formalisiert.

Unmittelbar mit dem Konzept der Informationsstruktur verbunden, ist das Informationsverhalten der Akteure in einem Kommunikationsnetzwerk. Das Informationsverhalten (*information behavior*) der Akteure in einer Organisation kann als die Menge des Verhaltens, das die Menschen zur Sammlung, Zugriff auf, Organisation und Gebrauch von Information an den Tag legen, definiert werden (Huotari and Wilson (2001)). Die Befriedigung des Informationsbedarfs ist also eine der möglichen Ausprägungen des Informationsverhaltens. Haythornthwaite (1996) identifiziert weitere Aspekte, die das Informationsverhalten der Akteure in einem Unternehmen beschreiben: Informationsneigung (*information exposure*), - Legitimation, -Wege und –Möglichkeiten. Die Eigenschaften wie Prestige und Reichweite von Akteuren im Netzwerk gibt Auskunft darüber, wie diese mit Information umgehen. Die Beziehungsstärke gibt gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit wider, mit einem Informationsträger in Kontakt zu treten. Auf diese Rollenverteilungen in einem Kommunikationsnetzwerk wird im Abschnitt 4.4.2 näher eingegangen.

Ein weiterer Aspekt der Informationsübermittlung ist ihre Zuverlässigkeit. Ob die Information zuverlässig ist bzw. ob sie von einem zuverlässigen Akteur gesendet wurde, wird durch die Informationslegitimation (*information legitimation*) beschrieben. Diese ergibt sich aus der Stärke und Richtung der Verbindung bzw. Beziehung. Informationswege (*information routes*) beschreiben nicht nur den Weg vom Sender zum Empfänger, sondern auch ihre Weiterleitung bezüglich der Zeit und der entsprechenden Organisationsstrukturen. Der Begriff der Informationsmöglichkeit (*information opportunities*) bezieht sich auf die Möglichkeit eines Akteurs den Informationsfluss zwischen bestimmten Gruppen oder Personen zu kontrollieren. Somit besitzt dieser Akteur gute Informationsquellen, aber auch gute Informationskanäle (siehe auch Abschnitt 4.4.2).

3.6.5. Informationsbedarf

Informationsbedarf wird von Picot et al. (1996, S. 106) als „die Art, Menge und Qualität der Informationen, die eine Person zur Erfüllung ihrer Aufgaben in einer bestimmten Zeit benötigt“ definiert. Der Informationsbedarf zeichnet sich dadurch aus, dass er in vielen Fällen nur vage bestimmbar ist und von der Aufgabenstellung, den angestrebten Zielen und den psychologischen Eigenschaften des Entscheidungsträgers abhängt (Picot et al. (1996)). Des Weiteren wird zwischen dem objektiven und dem subjektiven Informationsbedarf unterschieden. Der objektive Informationsbedarf umfasst die Informationen, die

für den Entscheidungsträger zur Erfüllung der Aufgaben relevant sind und sich somit auf das Entscheidungsproblem beziehen. Der subjektive Informationsbedarf beinhaltet jene Informationen, die dem Entscheidungsträger als relevant erscheinen (Picot et al. (1996)). Deshalb wird die Informationsnachfrage, d.h. die konkret nachgefragte Informationsmenge, als Teilmenge des subjektiven Informationsbedarfs beschrieben (vgl. z. B. Picot et al. (1996, S. 106)). Die Ermittlung des subjektiven Informationsbedarfs ist relevant, da auf diese Weise zum einen die Entscheidungsfindung unterstützt wird, und zum anderen der Aufwand, der mit der Bereitstellung, Verarbeitung und Weitergabe der Informationen verbunden ist, reduziert werden kann (Blume et al. (2001)).

Haythornthwaite (1996) definiert den Informationsbedarf über die Beziehungen zwischen den Akteuren. Das heißt, wird der Informationsaustausch zwischen bestimmten Akteuren über einen bestimmten Zeitintervall bezüglich des Inhalts und der Häufigkeit analysiert, können bestimmte Muster im Verhalten bzw. bei Bedürfnissen identifiziert werden. Die Informationsanbieter können also den Bedarf anhand dieser Informationen antizipieren. Wilson (1981) definiert den Informationsbedarf im Kontext der Betriebswissenschaft als die Antwort auf eine Situation, in der die Entscheidungsbasis fehlt. Damit bringt er den Bedarf nach Information eindeutig in den Kontext der Entscheidungsfindung und ordnet diesen Begriff zusammen mit Keen and Morton (1978) in die gleiche Kategorie wie strategische Planung, Managementkontrolle und operationelle Kontrolle ein. Gleichzeitig identifiziert er den Informationsbedarf im gesamten Unternehmen. So wurden durch empirische Untersuchungen (siehe Wilson (1994)) bestimmte Informationskategorien identifiziert, die sich für alle Organisationsschichten als interessant erwiesen haben.

Derr (1983) analysiert ebenfalls das Konzept des Informationsbedarfs. Er definiert den Begriff als einen Zustand, in welchem eine bestimmte Information dazu beiträgt, einen bestimmten und legitimen Informationszweck zu erreichen. Der Informationsbedarf wird als eine Beziehung zwischen der Information und dem Informationszweck betrachtet. Für den Informationsanbieter bzw. –Manager hat es zur Konsequenz, dass die Fragen des Benutzers zunächst formuliert und beantwortet werden müssen, um daraus den Bedarf abzuleiten. Die Befragung nach Informationswünschen führt bei der Ermittlung des Informationsbedarfs nach Derr (1983) somit nicht zu einem Erfolg. Case (2007, S. 5) sieht den Informationsbedarf als eine Erkenntnis, dass das vorhandene Wissen nicht ausreicht, um ein bestimmtes Problem zu lösen.

3.6.5.1. Ermittlung des Informationsbedarfs

Die Informationsbedarfsanalyse stellt die Basis für die Konfiguration des Informationsmanagements dar und wird daher z.B. zur Unterstützung der Entscheidungsfindung benötigt. Die Ermittlung des Informationsbedarfs im betrieblichen Kontext hängt stark mit dem Ziel der Informationsanwendung und dem Informationsverhalten im System zusammen. So wird im Kontext der Prozessautomatisierung bzw. des Workflow-Managements zwischen primären und sekundären Informationen unterschieden (Goesmann and Hoffmann (2000)). Primäre Informationen sind die im Prozess- bzw. Workflowmodell abgebildeten Daten und Dokumente, die für die Bearbeitung des Prozesses unbedingt notwendig

sind. Als sekundäre Informationen werden prozessbezogene Informationen bezeichnet, die nur in bestimmten Situationen oder von einzelnen Mitarbeitern als relevant erachtet werden, oder die bei der Erstellung des Modells nicht berücksichtigt wurden, da die Prozessanforderungen sich bereits verändert haben. Hier wird die Information also nicht anhand ihrer Bedeutung für den Prozess oder anhand ihres Inhalts unterschieden, sondern hinsichtlich ihrer Rolle bei der automatisierten Prozessausführung.

Um den objektiven Informationsbedarf im Kontext von unterschiedlichen subjektiven Informationsbedarfen zu ermitteln, müssen die verschiedenen Blickwinkel des Anwendungsfeldes beleuchtet werden. Dafür können entsprechende Analyseansätze verwendet werden (Strauch and Winter (2002, S. 362f)). Grundsätzlich werden hier der nachfrage-, angebots- und der prozessorientierte Ansatz unterschieden (Strauch and Winter (2002)).

Der nachfrageorientierte Ansatz setzt den Fokus auf den Nutzer als Konsument von Informationen. Dieser Ansatz verfolgt die Annahme, dass der Nutzer selbst seinen Informationsbedarf am besten einschätzen kann. Hier liegt auch bereits der Nachteil: aufgrund der Subjektivität und der eingeschränkten Fähigkeit den zukünftigen vom aktuellen Bedarf bzw. den entsprechenden Umfang einschätzen zu können, wird der Bedarf nicht umfassend erhoben werden können.

Der angebotsorientierte Ansatz identifiziert das bereits vorhandene Datenangebot der Informationssysteme bzw. der Dokumentationen. Daraus kann die Charakterisierung des Informationsangebots abgeleitet werden. Die Nachteile sind dabei: die geringe Einbindung des Nutzers sowie die Vernachlässigung der zukünftigen Erfordernisse.

Im Rahmen des geschäftsprozessorientierten Ansatzes werden die Informationen und Datenflüsse der ausgeführten Geschäftsprozesse betrachtet. Durch diesen Ansatz wird ein Überblick über die Informationsnutzung gewonnen. Allerdings bietet dieser Ansatz nur dann einen zusätzlichen Informationsgewinn, wenn eine geringe Abdeckung der Unternehmensprozesse mit Informationssystemen vorliegt, da in diesem Fall der angebotsorientierte Ansatz nicht angewendet werden kann.

Die Qualität der Informationsbedarfsanalyse hängt von den Methoden ab, die für die Umsetzung des Ansatzes angewandt wurden (Strauch and Winter (2002)). Folgende Methoden nehmen dabei eine wichtige Stellung ein:

Literaturstudium, oder auch Inventur, wird durchgeführt, wenn die Annahme, dass der Großteil des verfügbaren Wissens bzw. Bedürfnisse dokumentiert ist, gerechtfertigt werden kann.

Prozessdokumentationen oder Berichte beinhalten häufig Rückschlüsse auf die in den Geschäftsprozessen angebotenen und relevanten Daten. Durch die Analyse dieser Dokumente kann die Informationsnachfrage entsprechend bestimmt werden.

Analyse der bestehenden Informationssysteme gibt Aufschluss über das Informationsangebot. Diese Methode eignet sich jedoch nicht dazu, die Informationsnachfrage zu ermitteln.

Expertenbefragung kann sowohl zur Ermittlung von Informationsbedarf, aber auch des Informationsangebots eingesetzt werden.

Als weitere Methoden zur Informationsanalyse können die Methoden zur Wissensextraktion (siehe Abschnitt 3.1.5) angewandt werden.

3.6.5.2. Informationsbedarfsanalyse im Rahmen der Geschäftsprozessorientierung

Die Informationsbedarfsanalyse kann als die Anwendung von Verfahren und Methoden gesehen werden, die geeignet sind Informationen, die für die Lösung konkreter betriebswirtschaftlicher Aufgaben im Rahmen eines Unternehmens erforderlich sind, zu ermitteln (Koreimann (1976, S. 65)). Im Rahmen der Prozessanalyse bietet die Informationsbedarfsanalyse Aufschlüsse über die Informationsstrukturen und –Anwendung in einem bestimmten Prozess. Das Ziel dabei ist es, die Information bedarfsgerecht zu steuern und dadurch die Prozesseffizienz zu beeinflussen.

Um Aufgaben im betrieblichen Umfeld erfüllen zu können, werden unterschiedliche Informationen benötigt, die einen s.g. Informationsraum (s. Abbildung 3.6.1) aufspannen. Dieser kann in Informationsteilmengen unterteilt werden. Das heißt, um die Aufgaben erfüllen zu können, muss der gesamte Informationsraum des Unternehmens auf die Erfüllung des entsprechenden Informationsbedarfs untersucht werden.

Die Informationsbedarfsanalyse im Kontext des Geschäftsprozessmanagements kann entsprechend der Informationsstruktur der Geschäftsprozesse mit logischen, statischen und dynamischen Komponenten erfolgen. Welche der erhobenen Informationen tatsächlich verarbeitet werden sollen bzw. relevant sind, hängt zum Teil von der Positionierung der Informationsbedarfsanalyse im Geschäftsprozessmanagementkontext und somit von dem Ziel der Analyse ab.

Der Kreislauf des Geschäftsprozessmanagements besteht aus den folgenden Hauptphasen (siehe auch Abschnitt 2.3.2): Prozessidentifikation und Modellierung, Prozessanalyse, Prozessautomatisierung und Prozesskontrolle. Jede dieser Phasen kann entsprechend verfeinert werden; so beinhaltet die Prozesskontrolle das Beobachten und Auswerten von Prozesskennzahlen, die bei der Prozessanalyse fest gelegt worden sind. Die Kontrolle umfasst auch eine Entscheidungsfindung, die nach der Auswertung der erhobenen Kennzahlen erfolgt. In jeder dieser Phasen werden also Informationen erhoben und ausgewertet. Ihre Auswertung führt dabei zu einer Entscheidungsfindung, die entweder strukturiert erfolgen kann, d.h. von Geschäftsregeln unterstützt wird, oder eine komplexe Auswertung unter Einbeziehung von externen Faktoren beinhaltet (Allweyer (2005)). Während der Prozessdarstellung, -Implementierung und –Kontrolle lassen sich auch unterschiedliche Prozessteilnehmer unterscheiden (siehe Abschnitt 2.5 und 2.5.7): Prozessverantwortlicher, Prozessmanager, Prozessbeteiligter, Prozessanalyst und Prozessingenieur. Je nach Teilnehmer unterscheidet sich die gewünschte Darstellungsart der Prozesse sowie der inhaltliche Schwerpunkt ihrer Darstellung. Hier sind nicht nur der Detaillierungsgrad des Modells, sondern auch die Modellkomponenten von Bedeutung. Ein Prozessbeteiligter muss die Prozessstrukturen und die einzelnen Schritte genau überblicken können, während der Prozessmanager an einzelnen Kennzahlen des Prozesses bzw. an den Prozessergebnissen interessiert ist.

Informationen können in folgenden Nutzungsmodi benutzt bzw. aufgerufen werden (vgl. Ye and Fischer (2002)):

- *Use-by-archive*: die Daten bzw. Informationen sind bereits vorhanden und können nach Bedarf aufgerufen werden.
- *Use-by-recall*: Die Daten sind nicht vorhanden, die Quelle der Informationen ist jedoch bekannt und kann aufgerufen werden.
- *Use-by-anticipation*: die Daten werden in regelmäßigen Abständen geliefert, müssen jedoch nicht sofort ausgewertet werden bzw. werden für eine weitere Auswertung akkumuliert.
- Anwendung bei der Übermittlung (*use-by-delivery*): bestimmte Ereignisse bzw. Daten können eine Geschäftsregel oder ein Prozess aufrufen, wenn sie an den entsprechenden Prozessschritt übermittelt werden.

In der letzten Kategorie werden die Informationen an den Mitarbeiter übermittelt, ohne dass diese explizit angefordert werden. Des Weiteren kann zwischen unterschiedlichen Nutzungszielen der Prozessinformationen differenziert werden:

Entscheidungsfindung: Informationen werden vor allem für das Treffen von Entscheidungen im Kontext der Prozessausführung, -Entwicklung oder –Unterstützung benötigt. Die Informationsempfänger sind hier: Prozessverantwortlicher, -Ingenieur und Manager.

Strategie/Planung: Informationen werden in einer stark aggregierten Form benötigt, um Planung, die mehrere Prozessdomänen bzw. das gesamte Unternehmen mittelbis kurzfristig beeinflussen. Informationsempfänger sind hier: Prozessmanager sowie das mittlere und obere Unternehmensmanagement.

Prozessdurchführung: Informationen können eine notwendige Bedingung zur Durchführung von Prozessen und somit für die Erreichung des Prozessziels sein. Somit dienen diese als Ressource, die im Prozessablauf verbraucht bzw. neu erzeugt werden. Die Informationsempfänger sind hier: Prozessbeteiligte, -Ingenieur und Analyst.

Berichterstattung: Informationen können in gleichmäßigen Zeitabständen an die Empfänger übermittelt werden. Diese dienen anschließend dazu, zu Metriken aggregiert zu werden oder spiegeln den Prozessfortschritt wider. Informationsempfänger sind hier: Prozessbeteiligte, Prozessverantwortliche, -Manager und –Analysten.

Durch die zunehmende Verbreitung der Prozessunterstützung durch betriebliche Anwendungssysteme und die verstärkte Einführung der Prozessleistungsmessung in prozessorientierten Unternehmen, wächst auch der Bedarf an einem Informationsmanagementansatz, der die oben aufgeführten Aspekte berücksichtigt. Um dies zu realisieren, muss jedoch ein tiefgehendes Verständnis der Prozessinformationsstrukturen und Abläufe gewährleistet werden.

3.7. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde der Begriff der Geschäftsregel vorgestellt und diskutieret. Zudem wurden der Geschäftsregelansatz und seine potenziellen Vorteile beleuchtet. Der Begriff der Geschäftsregeln wurde in den Zusammenhang mit (prozessbezogenen) Entscheidungen und Ereignissteuerung gesetzt. Dabei wurde sichtbar, dass die Geschäftsregeln unmittelbar mit der Verarbeitung von Ereignissen und der Prozessausführung (inklusive) der Alternativenbewertung für den Prozessfluss verbunden sind. Die Geschäftsregeln und die Ereignisse definieren somit das Verhalten des Geschäftsprozesses. Die Problematik sowie die Techniken der Identifikation von Prozessregeln wurden kurz beleuchtet und ein Vorgehensmodell zur Identifikation von Geschäftsregeln wurde vorgestellt. Dieses beinhaltet eine tiefergehende Prozessanalyse und erfordert umfassendes Prozesswissen. Ihre Ergebnisse sollen jedoch eine Neugestaltung oder Änderung des Prozesses durch die Kenntnisse seiner Logik unterstützen.

Ebenfalls wurde der Begriff des Ereignisses aus der Sicht unterschiedlicher Disziplinen erläutert und für den Kontext des Geschäftsprozessmanagements definiert. Ereignisse wurden als ein maßgebender Aspekt für die Bestimmung und Bewertung des Systembzw. Prozesszustandes erkannt. Die Struktur der Ereignisorientierung: Ereignisquelle, -Senke, -Regel und das Ereignis selber wurden beschrieben. Die Darstellung von Ereignissen im Rahmen der Geschäftsprozessmodellierung wurde kurz diskutiert. Das Paradigma der Ereignisorientierung wurde eingeführt und sowohl das Vorgehen als auch die Auswahlkriterien für ihre Einführung wurden definiert.

Anschließend wurde der Begriff der Information in den betrieblichen Kontext situiert und definiert. Seine Bedeutung für die vorliegende Arbeit wurde anschließend ausgeführt. Für die Informationsverarbeitung und –Analyse grundlegende Begriffe wie Informationseffizienz, –Struktur und -Bedarf wurden kurz vorgestellt. Das Konzept der Informationsbedarfsanalyse wurde vorgestellt und anschließend in den Kontext des Informationsmanagements zugeordnet. Informationsbedarf und Informationsbedarfsstrukturen in Geschäftsprozessen wurden erläutert und die unterschiedlichen Kategorien des Informationsaufrufs und –Nutzens innerhalb des Prozesses identifiziert. Es wurde deutlich, dass um ein umfassendes Informationsmanagement innerhalb eines Prozesses gewährleisten zu können, ein tiefgehendes Prozessverständnis inklusive der Rollenidentifikation seiner Aktivitäten und ihrer Interaktionen vorausgesetzt werden muss.

4. Soziale Netzwerkanalyse

Für die Überprüfung der in dieser Arbeit zu untersuchenden Forschungshypothesen werden netzwerkanalytische Methoden und (multivariate) statistische Verfahren angewendet. Im nachfolgenden Kapitel werden die für die Arbeit relevanten Analyseverfahren für Netzwerke und Akteure in Netzwerken dargestellt. Die netzwerkanalytischen Auswertungen sowie Visualisierung von Netzwerken wurden mithilfe des Softwareframeworks Commetrix (Trier (2005)) durchgeführt. Die verwendeten Begriffe stützen sich auf die Begriffe aus der Netzwerktheorie und das Commetrix-Framework und werden daher sowohl in der Originalsprache (hier: Englisch) als auch übersetzt angewendet. In diesem Kapitel werden zunächst die Grundlagen der Graphentheorie und der (Sozialen) Netzwerkanalyse (*social network analysis*) vorgestellt. Dabei wird auf die unterschiedlichen Ebenen der Analyse in einem Netzwerk eingegangen. Anschließend findet eine kurze einführende Darstellung zur Informationsvisualisierung statt. Der Abschnitt wird mit einer Übersicht der Einsatzgebiete und Forschungsrichtungen in der Wirtschaftsinformatik, die die (Soziale) Netzwerkanalyse als Forschungswerkzeug anwenden, abgeschlossen.

4.1. Netzwerk und Graphentheorie

Ein System umfasst Elemente, die durch Beziehungen miteinander verbunden sind. Zusammen agieren die Elemente so, dass ein gemeinsamer Zweck, das Systemziel, erreicht wird (siehe auch Abschnitt 3.3.1). Ein System wird als Netzwerk bezeichnet, wenn seine Elemente (Knoten) durch Relationen (Kanten) miteinander verbunden sind und diese Struktur mathematisch als Graph darstellbar ist. Diese Art der Darstellung erlaubt die Anwendung der Graphentheorie zur Visualisierung und Analyse des sozialen Systems. Somit kann die Netzwerkforschung als ein Teil der Graphentheorie eingeordnet werden. Scott (1991, S. 70) beschreibt ein Netzwerk wie er im Bereich der Sozialen Netzwerkanalyse verstanden wird, als einen ungerichteten, binären Graphen. Binär beschreibt dabei die Tatsache, dass zwei Knoten miteinander verbunden (1) oder unverbunden sind (0). Ungerichtet bedeutet, dass die Richtung der Relation (welcher Knoten die Senke und welcher die Quelle der Verbindung ist) nicht betrachtet wird.

Die Graphentheorie hat ihren Ursprung im achtzehnten Jahrhundert, in der Arbeit von Leonhard Euler, der kleine, regelmäßige Graphen untersucht hatte. Im zwanzigsten Jahrhundert wird die Graphentheorie zunehmend durch den Einsatz von statistischen Analysemethoden und Algorithmen unterstützt (Albert and Barabasi (2002)). Ein Graph eines sozialen Netzwerks besteht aus (Wasserman and Faust (2009, S. 94f)): Knoten (*nodes*), auch *points* oder *vertices* genannt und Kanten (*lines* oder *links*), die als *edges* oder *arcs* bezeichnet werden können und die Beziehungen zwischen den Knoten darstellen. In

einem Netzwerk werden die Knoten als Akteure und Kanten als Beziehungen zwischen ihnen verstanden. Ein Graph G = (N, L) besteht somit aus zwei Informationsmengen: der Knotenmenge N = $\{n_1, n_2, \ldots n_N\}$ und der Kantenmenge L = $\{l_1, l_2, \ldots, l_L\}$ zwischen einem Knotenpaar. Ein Graph, der ein soziales Netzwerk mit Akteuren als Knoten und ihren Beziehungen als Kanten darstellt, wird als ein Soziogramm (*sociogram*) bezeichnet.

Die Beziehungen zwischen den Knoten und den Kanten können weiter formalisiert werden. Zwei Knoten n_i und n_j heißen angrenzend (*adjacent*), wenn eine Verbindung $l_k = (n_i, n_j)$ zwischen ihnen ein Element der Menge L ist. Die Verbindung l_k ist dann ein Element der Menge L, wenn es eine Verbindung zwischen zwei Akteuren im Netzwerk gibt, die durch die Knoten n_i und n_j repräsentiert werden. Die Knoten heißen also angrenzend, wenn sie beide Elemente derselben Kante sind. Ein Knoten heißt inzident (*incident*), also einfallend, mit einer Verbindung und die Verbindung heißt einfallend mit dem Knoten, wenn der Knoten ein Element des ungeordneten Knotenpaars, das die Verbindung definiert, ist. So sind z.B. n_1 und n_2 einfallend mit der Verbindung $l_1 = (n_1, n_2)$. Die Beziehung zwischen einem Knoten und einer Kante heißt also inzident, wenn der Knoten in der Kante enthalten ist. (Wasserman and Faust (2009, S. 96))

Ein Graph kann sowohl gerichtete als auch ungerichtete Beziehungen haben. Haben die Relationen eine bestimmte Richtung, wird der Graph als gerichtet bezeichnet (*digraph*). Der Unterschied zwischen einem gerichteten und einem ungerichteten Graphen ist die Tatsache, dass in dem gerichteten Graphen die Richtung der Verbindungen, also der Kanten spezifiziert ist. Diese gerichteten Kanten werden auch als *arcs* bezeichnet (Wasserman and Faust (2009, S. 122)). Ein gerichteter Graph besteht aus zwei Mengen: Knoten N und Kanten L. Die Kanten werden als *arcs* l_k bezeichnet und stellen ein geordnetes Paar von unterschiedlichen Knoten (n_1, n_2) dar. Dabei ist Knoten n_1 der Sender oder Kopf (*head*) und n_2 der Empfängerknoten oder der Schwanz (*tail*). Da ein *arc* ein geordnetes Knotenpaar darstellt, beinhaltet L das Maximum an n(n-1) *arcs* (Wasserman and Faust (2009, S. 122)). Neben der Beziehungsrichtung können sich die Kanten in ihrer Stärke unterscheiden. Das bedeutet, dass sie „gewichtet“ sein können, um die Beziehungsintensität oder –Entfernung darstellen zu können.

Graphen sind formelle Modelle, die es erlauben, die Struktur eines Netzwerkes in einer Matrix abzubilden und zu analysieren (Pfeffer (2008)). Diese werden in der Graphentheorie als Adjazenzmatrizen bezeichnet, da sie die eingehenden und die ausgehenden Beziehungen zwischen den einzelnen Knoten darstellen. Stellen sowohl die Spalten als auch die Zeilen der Matrix einen Akteur und die Werte ihre Beziehungen dar, wird die Matrix als Sozio- bzw. Adjazenzmatrix bezeichnet (Trier (2008), siehe Tabelle 4.1). Diese beiden Begriffe können synonym verwendet werden. Eine 1 in der Matrix bedeutet, dass eine Beziehung zwischen den Akteuren vorhanden ist, sie also „Nachbarn“ bzw. adjazent sind, eine 0 zeigt, dass keine Beziehung besteht (siehe Tabelle 4.1).

Eingehende→ Ausgehende↓ Beziehung	Akteur 1	Akteur 2	Akteur 3	Akteur 4
Akteur 1	0	1	0	1
Akteur 2	0	0	1	0
Akteur 3	1	0	0	1
Akteur 4	0	1	0	0

Tabelle 4.1.: Beispiel einer Soziomatrix

Bei ungerichteten Netzwerken ist die Matrix symmetrisch. Im Fall der gerichteten Netzwerke ist die Soziomatrix unsymmetrisch. Asymmetrische Matrix liegt dann vor, wenn die Beziehungen der Akteure nicht gleichmäßig untereinander verteilt sind, d.h. dass z.B. eine einseitige Kommunikation oder Lieferbeziehung zwischen den Akteuren vorliegt (Holzer (2009)). Mithilfe der Matrizendarstellung lassen sich wichtige Merkmale zur Beschreibung von Graphen entwickeln und berechnen (siehe Abschnitt 4.3.2).

Eine Inzidenzmatrix hingegen verdeutlicht, durch welche Beziehungen die Knoten im Graph verbunden werden. Die Spalten bezeichnen die Verbindungen und die Zeilen die entsprechenden Knoten. Die Matrix hat die Dimension N x L. Die Matrix umfasst binäre Einträge; existiert eine Verbindung zu einem Knoten, dann wird der Wert 1 angenommen, beinhaltet eine Verbindung nicht den Knoten, wird der Wert auf 0 gesetzt. In einem Netzwerk mit 6 Knoten können sich folgende Verbindungen ergeben: $l_1 = (n_1, n_5)$, $l_2 = (n_1, n_6)$, $l_3 = (n_2, n_3)$, etc. Die zugehörige Matrix ist in der Tabelle 4.2 dargestellt.

	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
n_1	1	1	0	0	0	0
n_2	0	0	1	0	0	0
n_3	0	0	1	0	0	0
n_4	0	0	0	1	1	0
n_5	1	1	1	1	1	1
n_6	0	1	0	0	1	1

Tabelle 4.2.: Beispiel einer Inzidenzmatrix

4.2. Soziale Netzwerke

Die Interpretation der Umwelt als ein Netzwerk entspricht dem systemischen Ansatz. So wird das soziale Netzwerk als ein System interpretiert. Somit wird der Untersuchungsfokus von den Systemelementen auf die Beziehungen zwischen diesen Elementen verlagert. So können Beziehungsstrukturen beleuchtet werden, die sich außerhalb der formalen und hierarchischen Strukturen verbergen. Das Konzept des sozialen Netzwerks als Teil der systemischen Sichtweise wurde von verschiedenen wissenschaftlichen Strömungen geprägt. Tragend waren die Sozialanthropologie, Soziologie, Graphentheorie sowie die experimen-

telle Kommunikationsnetzwerkforschung (Waibel (2004)). Die Anwendung der Graphentheorie wurde durch die graphische Visulisierung der sozialen Beziehungen möglich. Sie eignet sich insbesondere zur Untersuchung von Systemstrukturen (Waibel (2004)).

Ein soziales Netzwerk ist eine Struktur, die eine Menge von Akteuren (meist Individuen, Organisationen oder anderen sozialen Entitäten) umfasst. Die Akteure sind durch die Menge sozialer Beziehungen (*ties*) bzw. durch ein gemeinsames Ziel oder Interesse wie Freundschaft, Zusammenarbeit oder Informationsaustausch miteinander verbunden (Jamali and Abolhassani (2006), Schoberth and Schrott (2001)). Die Beziehungen entstehen dadurch, dass die Akteure miteinander kommunizieren bzw. Daten und Informationen austauschen. Die Beziehungen können stark bzw. schwach sein (*strong* bzw. *weak ties*). Diese Beziehungen müssen aber nicht notwendigerweise auf Gegenseitigkeit beruhen, d.h. ausbalanciert oder symmetrisch sein.

Dieser systemischen Begriffsverwendung steht die im Kontext des Internets umgangssprachliche Verwendung des Begriffs des sozialen Netzwerks gegenüber. Dieser wird umgangssprachlich dafür verwendet, eine Netzgemeinschaft sowie die entsprechende Plattform zum Austausch und Erstellung von gemeinsamen Inhalten der Benutzer zu bezeichnen. In dieser Arbeit wird der Begriff des sozialen Netzwerks ausschließlich gemäß seiner systemischen Definition verwendet.

Die soziale Netzwerkperspektive nimmt eine besondere Stellung in Sozial- und Verhaltenswissenschaften ein (Wasserman and Faust (2009, S. 4)). Das Besondere an diesem Ansatz ist die Fokussierung auf die Beziehungen zwischen den Entitäten, anstatt auf die Akteure selbst. Folgende Prinzipien, die diese Sicht begleiten, können also identifiziert werden (Wasserman and Faust (2009, S. 4)):

- Akteure und ihre Aktionen werden als abhängige Einheiten betrachtet,
- Beziehungen zwischen den Akteuren sind Kanäle, auf welchen (materielle bzw. immaterielle) Ressourcen transportiert werden,
- Netzwerke bilden Modelle, die die Struktur als langfristige Beziehungsmuster zwischen den Akteuren konzipieren.

Die Netzwerkperspektive auf ein System unterstützt also die Modellbildung, Theorieevaluation und -Test. Somit kann die Netzwerkorientierung als ein Werkzeug zur Analyse von Unternehmensprozessen angewendet werden. Die Netzwerkanalyse ist dann besonders effizient, wenn genügend Daten in entsprechender Form vorliegen, die sich auf die Beziehungen zwischen den Systemelementen beziehen. Um Netzwerke also visualisieren und später analysieren zu können, müssen zunächst entsprechende Daten zur Verfügung stehen. Um diese zu erfassen, stehen einige Techniken zu Verfügung, die auch für die Extraktion von Expertenwissen angewendet werden (siehe Abschnitt 3.1.5). So können Daten über soziale Netzwerke z.B. aus Interviews, Umfragen, Beobachtungen, Dokumenten oder aus Experimenten gesammelt werden (Wasserman and Faust (2009, S. 45)). Bei der Erfassung der Daten muss ebenfalls die anschließende Analyse berücksichtigt werden. Die Daten sollen akkurat, valide und verlässlich sein (Wasserman and Faust (2009, S. 56)), um eine aussagekräftige Analyse zu ermöglichen. Die erhobenen Daten, die für die

spätere Netzwerkmodellierung und –Analyse verwendet werden, entstammen meist einer mündlichen oder zumindest einer subjektiven Aussage bzw. beziehen sich auf vergangene Situationen und Ereignisse. Das bedeutet, dass die Aussagen subjektiv gefärbt und gegebenenfalls nicht detailgenau an den Analysten weiter gegeben werden.

Detailgetreu wiedergegebene Daten werden als *akkurat* bzw. genau bezeichnet. Die Daten können als *valide*, also gültig, bezeichnet werden, wenn sie sich auf das beziehen, worauf sie vorgeben sich zu beziehen (Wasserman and Faust (2009, S. 57)). Es ist allerdings schwer im Kontext der sozialen Beziehungen diese Eigenschaft zu bewerten, da die Daten häufig auf subjektiven Aussagen basieren. Die Verlässlichkeit von soziometrischen Daten kann auf mehreren Ebenen betrachtet werden. Zum einen kann es die Verlässlichkeit eines Maßes, also gleiche Ergebnisse bei wiederholter Messung, sein; oder die Verlässlichkeit der Wahl eines Individuums, d.h. die Tatsache, dass bei der gleichen Fragestellung auch die gleiche Wahl getroffen wird. Zusätzlich werden die erhobenen Daten bezüglich des Messfehlers bei der Erhebung beurteilt. Der Messfehler wird hier als die Differenz zwischen den wirklichen und den beobachteten Daten bezeichnet.

4.3. Soziale Netzwerkanalyse

Ursprünglich wurde die soziale Netzwerktheorie entwickelt, um den Einfluss der Einbettung (*embeddedness*) eines Individuums in einer sozialen Struktur auf sein Verhalten zu untersuchen (Burt (1982), Dyer (1996)). Die Einbettung ist dabei als eine Austauschlogik, die die Motive und Erwartungen präzisiert und eine koordinierte Adaption des Individuums unterstützt, zu verstehen (Uzzi (1996)). Zunächst lag der Untersuchungsfokus der Sozialen Netzwerkanalyse auf den Techniken, die es erlauben sollten, die sozialen Beziehungen zu erfassen; später wurde der Schwerpunkt auf die Eigenschaften zum Verständnis von sozialen Strukturen verlagert.

Die soziale Netzwerktheorie besagt, dass die wirtschaftlichen Handlungen am besten in dem Kontext, in welchem sie eingebettet sind, verstanden werden können; solche Aktionen können ihrerseits von der Netzwerkstruktur und der Position der Akteure im sozialen Netzwerk beeinflusst werden (Oliver (1996), Uzzi (1996)). Für das allgemeine Verständnis des Theoriebegriffs wird hier auf die Definition von Gregor (2009) zurück gegriffen:

> „Theory is [...] a generalized body of knowledge, with a set of connected statements expressing general relationships among constructs that refer to entities of different types, both real-world and theoretical."

Diese Sicht basiert auf der Definition von Walls et al. (1992), der die folgende auf Dubin (1978) zurückgehende Aussage trifft: „*purpose of a theory is prediction and/or explanation of a phenomenon*" (Walls et al. (1992, S. 38)). Die Soziale Netzwerkanalyse (SNA) ist also eine Forschungsmethode der Netzwerktheorie, die das analytische Instrumentarium der Netzwerkanalyse zur Beantwortung organisationssoziologischer Fragen benutzt (Holzer (2009)). Die Netzwerkanalyse erlaubt eine relationale Sichtweise auf ein zu untersuchendes System. Dabei stehen Verbindungen und Zusammenhänge sowie die jeweiligen Muster zwischen den Elementen im Analysefokus. Da nicht die individuellen Attribute

bzw. Aktivitäten der Elemente den Schwerpunkt der Analyse bilden, sondern ihre Beziehungen untereinander, wird diese Art der Analyse als Strukturanalyse bezeichnet (Holzer (2009)). Der Fokus liegt dabei auf den Beziehungen zwischen sozialen Entitäten sowie auf Beziehungsmustern und der Bedeutung dieser Muster (Wasserman and Faust (2009, S. 3)).

Die Soziale Netzwerkanalyse hat also zum Ziel, Muster in Beziehungen zwischen Menschen, Organisationen und anderen sozialen Entitäten empirisch abzuleiten und zu analysieren, um sie besser erklären zu können. Dabei benutzt sie sowohl Visualisierungstechniken als auch mathematische Ansätze (Jamali and Abolhassani (2006)). Damit werden die Interaktionen zwischen informationsverarbeitenden Einheiten wie Menschen, Gruppen, Organisationen, etc. dargestellt, gemessen und ausgewertet. Strukturelle Eigenschaften des Netzwerks, also auftretende Muster, können somit Aufschluss über sein Verhalten und das Verhalten seiner Akteure geben. Hierfür wird auf die Techniken der Graphentheorie zurückgegriffen.

Einer der Gründe für die Anwendung der Graphentheorie in der Analyse von sozialen Beziehungen ist die Möglichkeit die Netzwerkbeschreibung kompakt und systematisch durchführen zu können. Die Graphentheorie bietet ein Begriffsvokabular, das es ermöglicht, viele der Eigenschaften von sozialen Strukturen zu beschreiben. Die mathematischen Modelle der Graphentheorie erlauben es, die Interaktionen zwischen den Entitäten formell zu beschreiben und die resultierenden Daten automatisiert zu verarbeiten. Des Weiteren bietet die Graphentheorie mögliche Hinweise darauf, welche Aspekte bei der Analyse potenziell relevant sein können (Jamali and Abolhassani (2006)). Mithilfe dieser Werkzeuge, dem Vokabular zum einen und der mathematischen Grundlagen zu anderen, können Annahmen über das Verhalten und Eigenschaften von sozialen Strukturen getroffen, gemessen und überprüft werden. Zudem bietet die Graphentheorie die Möglichkeit ein soziales System in Form eines Graphs, also eines Modells, darzustellen. Dabei hat die Modellierung der Realität den Vorteil, dass ein vereinfachtes, auf das für den Modellierer Wesentliche konzentrierte Abbild der Wirklichkeit möglich wird (Wasserman and Faust (2009, S. 93)).

Im Rahmen einer Sozialen Netzwerkanalyse können folgende drei Analysesichten unterschieden werden (Jamali and Abolhassani (2006)):

Beschreibende Methoden, also grafische Darstellung (Freeman (2005));

Analysemethoden, basierend auf der Netzwerkdekomposition und Nachbarschaftsmatrix;

Statistische Modelle, basierend auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Wasserman and Pattison (1996), Snijders and Pattison (2004), Robins et al. (1999)).

Im Kontext dieser Arbeit wird die Sicht der beschreibenden Methoden um die Visualisierung eines Netzwerks zum Ziel des Problemlösens erweitert. Dies basiert auf der Annahme, dass die Visualisierung eines Netzwerkes Aufschluss über bestimmte Netzwerkeigenschaften geben kann, die in einer anderen Darstellungsform nicht oder nur schwer erkennbar wären. Die Soziale Netzwerkanalyse ist immer dann anwendbar, wenn bei der

Systembetrachtung eine Menge von Knoten von den zwischen ihnen bestehenden Beziehungen unterschieden werden kann (Holzer (2009)).

4.3.1. Grundlegende Konzepte der Netzwerkanalyse

Hier sollen Konzepte und Begriffe, die in der Netzwerkanalyse eine wesentliche Rolle spielen, vorgestellt werden (siehe dazu Wasserman and Faust (2009, S. 17)):

Akteur (*actor*): in der Sozialen Netzwerkanalyse werden soziale Entitäten, die in Beziehung zu einander stehen, als Akteure bezeichnet; Akteure können einzelne Personen, Personengruppen, oder Organisationen sein;

Verbindung (*relational tie/link*): Die soziale Verbindung (*tie* oder *link*) zwischen den Akteuren eines Netzwerks zeigt eine Abhängigkeit zwischen ihnen auf. Diese kann eine physische Verbindung z.B. eine Straße oder eine immaterielle Verbindung wie z.B. Freundschaft sein;

Gewichtete Verbindung (*linkevent*): Ein Nachrichtenaustausch zwischen zwei Akteuren in einem Netzwerk etabliert zum einen eine Verbindung (*link*) zwischen ihnen und stellt zum anderen auch eine Zustandsänderung (*event*) im Netzwerk dar. Werden mehrere Nachrichten über eine bestehende Verbindung ausgetauscht, kann diese Verbindung als entsprechend *gewichtet* bezeichnet werden. Die über einen *link* ausgetauschten Nachrichten werden als *linkevents* bezeichnet (Trier (2005));

Dyade/Triade: Eine Dyade ist das kleinstmögliche Gefüge in einem Netzwerk; hier sind zwei Akteure so miteinander verbunden, dass die Verbindung eine inhärente Eigenschaft der Gruppe darstellt. Entsprechend bezeichnet eine Triade ein Gefüge von drei Akteuren, die durch eine oder mehrere Verbindungen zustande gekommen ist.

Gruppe: Eine Gruppe ist eine endliche Menge an Akteuren, deren (Netzwerk-)Beziehungen nach theoretischen, empirischen oder konzeptuellen Kriterien gemessen werden sollen.

Beziehung (*relation*): Eine Beziehung im Netzwerkkontext ist eine Sammlung von Verbindungen einer bestimmten Art zwischen Mitgliedern einer bestimmten Gruppe.

Clique: Eine Clique ist eine kohäsive Subgruppe in einem Netzwerk, d.h. eine Region, deren Mitglieder besonders strak, also jeder Knoten direkt mit jedem anderen Knoten in der Region, verbunden sind. Diese Abgrenzung hat die Aufgabe das Konzept der sozialen Gruppe graphentheoretisch zu formalisieren.

Soziales Netzwerk: Ein soziales Netzwerk besteht aus einer oder mehreren Menge(n) von Akteuren und der Beziehung(en) zwischen ihnen. Die Beziehungsinformation ist das Kennzeichen des sozialen Netzwerks.

In der Netzwerkanalyse können folgende Ebenen unterschieden werden (Wasserman and Faust (2009)):

Akteur: Auf dieser Ebene wird untersucht wie ein Akteur in das Netzwerk eingebettet ist. Die Untersuchungsfrage ist hier, ob der Akteur einen Einfluss auf andere Akteure hat bzw. ob dieser zentral im Netzwerk liegt.

Gruppe: In diesem Kontext können Gruppen auch als Cliquen bezeichnet werden. Es kann untersucht werden, welche Akteure eng miteinander verbunden sind, also zu einer Clique gehören. Dabei wird auch die Position und Rolle der Cliquen im Netzwerk untersucht.

Gesamtes Netzwerk: Hier soll das gesamte Netzwerk beobachtet sowie Netzwerke untereinander verglichen werden. Dabei basieren die Vergleiche auf den Ergebnissen der vorausgehenden Analyseebenen.

4.3.2. Strukturelle Eigenschaften eines Netzwerks

Der Begriff Struktur stammt von dem Lateinischen structura: ordentliche Zusammenfügung, Zusammenhang bzw. von dem Verb struere: zusammenfügen ab. Die Struktur eines Systems kann als eine Menge an zusammengefassten Systemelementen verstanden werden, die durch eine bestimmte Eigenschaft und Beziehungen untereinander verbunden sind. Strukturen erfassen also Elemente und ihre Beziehungen als bestimmte Muster. Ist über eine Menge von Objekten eine Relation definiert, wird diese als die Struktur der Menge verstanden (Kromrey (2009, S. 220)). Dabei bezeichnet eine Relation die Beziehung zwischen Mengenelementen.

Als Struktur im Sinne der Netzwerkanalyse wird hier das Vorhandensein von regulären Beziehungsmustern zwischen den Netzwerkknoten verstanden. Daraus wird das Verständnis von strukturellen Eigenschaften eines Netzwerks abgeleitet werden: Strukturelle Eigenschaften sind Maßeinheiten, die die Netzwerkstruktur beschreiben (Wasserman and Faust (2009, S. 3)). Die strukturellen Eigenschaften eines Netzwerks werden über entsprechende Kennzahlen erfasst. Diese Kennzahlen können in rein strukturell und sozialstrukturell unterteilt werden. Die sozial-strukturellen Kennzahlen basieren auf den Netzwerkkennzahlen eines Akteurs, leiten jedoch daraus Aussagen über den sozialen Stand dieses Akteurs in dem Netzwerk oder einer Gruppe innerhalb des Netzwerkes ab (Trier (2007, S. 393)).

Strukturelle Eigenschaften eines sozialen Netzwerks können Auskunft über die Vernetzung der einzelnen Knoten und somit über ihre Rollen geben (Bampo et al. (2008), Kiss and Bichler (2008)). Die grundlegenden strukturellen Eigenschaften eines sozialen Netzwerkes sind z.B.: Größe (Anzahl der Knoten) und Dichte (Quotient aus der tatsächlichen und der potenziell möglichen Anzahl von Beziehungen). Zur Quantifizierung der Bedeutung eines Knotens im Netzwerk können die Centrality (Zentralitäten)-Masse nach Freeman (1978): *degree*, *betweenness* und *closeness centrality* hinzugezogen werden. Die *Zentralität*, also die Wichtigkeit eines Knotens im Netzwerk, kann auf unterschiedliche Weise bewertet werden. Die *degree centrality* betrachtet die Anzahl der direkten Beziehungen eines bestimmten Mitglieds. Je größer die Anzahl der Beziehungen, desto zentraler ist der Knoten. Akteure, die besonders viele Verbindungen zu anderen Akteuren besitzen, werden zudem als *hubs* bezeichnet. *Betweenness centrality* misst die Zentralität

eines Knotens anhand der Beziehungen, die durch diesen Knoten gehen. *Closeness centrality* berechnet die relative Nähe aller Knoten im Netzwerk, nicht nur der benachbarten Knoten. Diese Konzepte werden im Weiteren genauer definiert.

Die Analyse der Struktur von Beziehungen wird bereits neben der Sozialen Netzwerkanalyse u.A. auf den Gebieten des Marketings (Bampo et al. (2008)), Innovationsdiffusion, Entwicklung und Integration von Unternehmensarchitekturen (Aier (2006a)), Domain Engineering (Aier and Schönherr (2007)) und Wissensmanagements (Trier (2008)) sowie der Biologie (Girvan and Newman (2002)) erfolgreich eingesetzt.

4.4. Übersicht der strukturellen Metriken in der Analyse von sozialen Netzwerken

Hier werden die für die Sozialen Netzwerkanalyse typischen Metriken aus der Graphentheorie näher vorgestellt und ihre Bedeutung im Kontext der sozialen Beziehungen umrissen. Zunächst werden die Größen auf der Netzwerkebene, anschließend die Maßzahlen für die Akteurebene beschrieben (Trier (2008)). Da der Graph ein mathematisches Modell eines Netzwerkes darstellt, werden hier die beiden Begriffe synonym benutzt.

4.4.1. Metriken der Netzwerkebene

Auf der Netzwerkebene können u.A. folgende strukturellen Kennzahlen ermittelt werden: Netzwerkgröße, Durchmesser (diameter), Dichte und der Clustering- Koeffizient. Diese können für den anschließenden Vergleich zwischen den Netzwerken verwendet werden.

Netzwerkgröße (*network size*) gibt die Anzahl N der Knoten im Netzwerk an. Im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse wird so die Anzahl der teilnehmenden Akteure bestimmt.

Durchmesser (*diameter*) ist der längste kürzeste Pfad (*geodesic*) zwischen zwei Netzwerkknoten. Die Distanz wird dabei in Schritten (Anzahl der auf dem Weg liegenden Knoten) bemessen. Die geodetische Distanz zwischen zwei Knoten n_i und n_j ist die Anzahl der *links* auf dem kürzesten Weg zwischen zwei Knoten und wird dabei als *d(i,j)* bezeichnet (Wasserman and Faust (2009, S. 110)). Die durchschnittliche Distanz eines Netzwerks ist der Mittelwert der Distanzen zwischen den Knoten und ein Kennzeichen der Übertragungsgeschwindigkeit von Informationen innerhalb des Netzwerks.

$$Diameter = max(d(i,j)) \tag{4.4.1}$$

Der Durchmesser, *diameter*, eines Netzwerkes kann Werte zwischen 1, wenn der Graph vollständig (*complete*)[1] ist, und N-1 annehmen. Ist der Graph nicht verbunden, ist sein Durchmesser unendlich (Wasserman and Faust (2009, S. 112)). In Kommunikationsnetzwerken[2] kann beobachtet werden, dass mit dem wachsenden Durchmesser, die Wahr-

[1] D.h. alle Verbindungen sind vorhanden und somit sind alle Knoten adjezent.

[2] Als Kommunikationsnetzwerke werden hier (soziale) Netzwerke mit kennzeichnendem Nachrichtenaustausch verstanden.

scheinlichkeit der Informationsübermittlung am anderen Ende des Netzwerks sinkt. Somit stellt der Durchmesser eine Nährungsgröße für die Wahrscheinlichkeit dafür dar, dass eine Information durch das Netz weiter gegeben wird.

Dichte (*density*) berechnet die Verbundenheit der Netzwerkknoten. Sie gibt das Verhältnis zwischen den realisierten, also tatsächlichen Beziehungen (L) und den möglichen Beziehungen in einem Netzwerk an (siehe Gleichung 4.4.2). Dabei wurde beobachtet, dass Kommunikationsnetzwerke eine geringe Dichte (*sparse density*) haben, da nicht alle Akteure untereinander verbunden sind (Trier (2005, S. 160)).

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}}{n(n-1)} = \frac{2L}{n(n-1)}\,, \; für\, i \neq j \tag{4.4.2}$$

Die Dichte eines Netzwerks kann Werte zwischen 0 (keine Verbindungen vorhanden) und 1 (alle potenziellen Verbindungen vorhanden) annehmen (Wasserman and Faust (2009, S. 101)). Dabei ist n die Anzahl der Knoten im Netzwerk und $\frac{n(n-1)}{2}$ die Anzahl der möglichen Knotenpaare, also hiermit auch die Anzahl der möglichen Verbindungen im Netzwerk.

Clustering-Koeffizient ist wie die Dichte ein Maß für den Grad der Verlinkung in einem Graphen. Der Clustering- Koeffizient ist eine Kennzahl, die die Bildung von Sub-Gruppen und die Dichte eines Ego-Netzwerks misst. Ein Ego-Netzwerk ist dabei ein Netzwerk, das sich um einen bestimmten Knoten (Ego) über direkte oder indirekte Kontakte aufspannt (Trier (2007, S. 393)). Der Clustering –Koeffizient für einen Knoten wird als das Verhältnis zwischen der Anzahl der vorhandenen Verbindungen und der Zahl der möglichen Verbindungen zwischen seinen Nachbarn berechnet. Er erlaubt also eine Aussage darüber, wie gut die Nachbarn des Knotens vernetzt sind. Der Clustering-Koeffizient eines Netzwerks ist der Durchschnitt aus den Clustering-Koeffizienten der Knoten. In Kommunikationsnetzwerken bestimmt diese Kennzahl, ob die Kontakte eines Akteurs dazu tendieren, Information direkt zu teilen (Transitivität). Der Clustering- Koeffizient eines Knotens C_i, mit i, v, w ϵ N und d_i= Grad des Knotens i (s. Abschnitt 4.4.2) kann wie folgt formalisiert werden (Ahn et al. (2007)):

$$C_i = \frac{2\,|\{(v,w)|\,(i,v),\,(i,w),\,(v,w)\,\epsilon\,L\}|}{d_i(d_i-1)} \tag{4.4.3}$$

Verbundenheit (*connectivity*[3]) (Wasserman and Faust (2009, S. 112-115)) ist eine Kennzahl, die Auskunft über den Zusammenhang des Graphen, auch nach der Entfernung von einem oder mehreren Knoten, gibt. Je kleiner die Verbundenheit eines Graphen, desto anfälliger ist er im Bezug auf die Entfernung von Knoten oder Verbindungen (Algorithmen zur Berechnung der Verbundenheit sind z.B. bei Harary

[3]Die Begriffe Verbundenheit, Vernetzheit und *connectivity* werden hier synonym zur Bezeichnung des Zusammenhangs eines Graphen verwendet.

(1969) zu finden). Die Verbundenheit der Knoten in einem Graphen gibt die minimale Knotenzahl an, die entfernt werden muss, um einen Graphen aufzuteilen. Ist der Graph unverbunden, ist Verbundenheit = 0, da kein Knoten entfernt werden muss; Besitzt ein Graph einen s.g. *cut point*, dann ist Verbundenheit =1 und bedeutet, dass ein Knoten entfernt werden muss, um den Graphen zu teilen (Wasserman and Faust (2009, S. 115)). Die Verbundenheit des Graphen misst also den Gesamtzusammenhalt (Kirsten (2007, S. 15)). Je höher der Wert der Verbundenheit, desto höher das Niveau der Verbundenheit eines Graphen. Das bedeutet, je kleiner die Anzahl der durchschnittlichen direkten Verbindungen der Akteure innerhalb des Graphen und je niedriger die Dichte des Graphen sind, desto unstabiler ist der Graph. Je mehr und je kürzer jedoch die Pfade zwischen den Akteurpaaren sind, desto robuster ist der Graph gegenüber der Blockierung einzelner Akteure. Bei der Metrik der Verbundenheit ist zu beachten, dass sie von der größten Komponenten bzw. dem größten Subnetzwerk ausgeht und dabei berechnet, wie viele Akteure von dieser nicht erreicht werden können (Kirsten (2007, S. 182)). Die Aussage dieses Maßes ist aus diesem Grund beim Vergleich von Netzwerken, die über eine ähnlich große Netzwerkkomponente verfügen, stark eingeschränkt.[4]

Cut point: In diesem Zusammenhang soll auch der Begriff „*cut point*“ definiert werden (Wasserman and Faust (2009, S. 112)). Ein Knoten n_i ist ein *cut point*, wenn die Anzahl der Komponenten im Graphen, die n_i beinhalten, kleiner ist als die Anzahl der Komponenten im Subgraph, der nach der Entfernung von n_i entsteht. Für ein Kommunikationsnetzwerk heißt es, dass wenn Akteur n_i aus dem Graphen entfernt wird, mehrere unverbundene Knotenmengen entstehen, die miteinander nicht kommunizieren. *Cut points*, auch Brücken (*bridges*), sind im eigentlichen Sinne kein Maß, da ihre Ausprägungen nicht gemessen werden können. Es kann lediglich bestimmt werden, dass ein Knoten einen *cut point* darstellt und wo er sich im Netzwerk befindet. Hierfür können insbesondere die direkten Verbindungen des Knotens zu anderen Knoten benutzt werden. Die Annahme, dass Brückenakteure in einem Netzwerk über eine höhere Zentralität (in jeglicher Form) verfügen als andere Akteure im Netzwerk, kann jedoch nicht immer empirisch bestätigt werden (Kirsten (2007, S. 176)).

Entropie ist ein wichtiges Konzept in der Informationstheorie sowie in der Theorie der Informationscodierung und wird in diesen Bereichen dazu verwendet, Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Systemzuständen zu bestimmen und zu erklären. Wenn ihre Wahrscheinlichkeit gleichmäßig verteilt ist, bedeutet es, dass die Systemzustände im hohen Maße nicht geordnet vorliegen. In diesem Fall steigt die Entropie der Wahrscheinlichkeitsverteilung. Ist die Verteilung der Wahrscheinlichkeiten ungleichmäßig, ist es ein Kennzeichen dafür, dass einige der Zustände vorhersagbar sein können. Dabei sinkt die Entropie bei diesen Zuständen. Die Entropie kann also zur Bestimmung des Ordnungsgrads eines Systems angewandt werden. Wenn P die Wahrscheinlichkeitsverteilung eines Graphen G mit N Knoten ist und $p_i \in [0, 1]$,

[4] Die Unterschiede können mithilfe eines T-tests jedoch genauer untersucht werden.

dann ist Entropie H eines Graphen G (vgl. Park and Yilmaz (2010)):

$$H(G,\, P) = \sum_{i=1}^{N} p_i log_2(p_i) \tag{4.4.4}$$

Im statistischen Mittel neigt ein abgeschlossenes System dazu, den wahrscheinlichsten Zustand, also ein Maximum der Entropie, anzunehmen. Die Entropie kann auf Basis eines Histogramms der betrachteten Werte, das anschließend in die Wahrscheinlichkeitsverteilung überführt wird, berechnet werden.

Das Konzept der Entropie basiert auf dem Konzept des Informationsgehalts von Hartley (1928). Der Informationsgehalt I eines Zeichens x ist seine statistische Signifikanz und ist wie folgt von Shannon (1948) formalisiert: $I(p(x)) = -log_2(p(x))$. Dabei ist $p(x)$ die Auftrittswahrscheinlichkeit des Zeichens x. Wird also der Wahrscheinlichkeit p eines Ereignisses, also des Auftretens des Zeichens x, der Informationsgehalt zugeordnet, dann kann die Entropie eines Zeichens als der Erwartungswert des Informationsgehalts definiert werden (Shannon (1948)):

$$H = \sum_{a \epsilon A} p_a * I(p_a) = -\sum_{a \epsilon A} p_a log_2(p_a) \tag{4.4.5}$$

Dabei ist a ϵ A ein Zeichen eines endlichen Alphabets $A = a_1, \ldots, a_n$ und p_a die Wahrscheinlichkeit mit der das Zeichen a Auftritt. Auch in den *Sozialwissenschaften* wird der Begriff der Entropie angewendet. Dabei wird jedoch hauptsächlich die Veränderung dieser Größe betrachtet. Die Entropiezunahme wird als Informationsverlust im System interpretiert (Gell-Mann (1995, S. 219)), der auch die Veränderungsfähigkeit des Systems reduziert. Denn ein System kann aus einem Zustand mit niedriger Entropie in einen Zustand mit einer höheren Entropie ohne einen größeren Ressourcenaufwand überführt werden, jedoch nicht umgekehrt. Im Kontext der ereignisorientierten Netzwerkanalyse (siehe Kapitel 2.4) kann der Informationsgehalt eines Knotens bzw. eines Netzwerks über die (durchschnittliche) Anzahl der zugehörigen *linkevents* ermittelt werden.

Pfad (*path*) ist eine Sequenz von Knoten und Verbindungen (*links*), die mit einem Knoten eingeleitet und abgeschlossen wird und in dem alle Knoten und alle Verbindungen von einander verschieden sind. In einem Kommunikationsnetzwerk bedeutet das, dass ein Akteur nur einmalig innerhalb eines Pfades informiert wird. Die *Länge des Pfades* ist die Anzahl der darin enthaltenen Verbindungen (Wasserman and Faust (2009, S. 107)). Die durchschnittliche Pfadlänge (*average path length*) ist die durchschnittliche Anzahl der Verbindungen auf dem kürzesten Pfad $d_p(n_i, n_j)$ für alle möglichen Knotenpaare. Sie bietet Hinweise auf die Effizienz des Informationstransports bzw. dient zur Unterscheidung von ineffizienten Netzwerken. Die (Informations-)Effizienz wird dabei bei kleinen Werten der durchschnittlichen Pfadlänge l angenommen.

$$l = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i,j} d_p(n_i, n_j) \tag{4.4.6}$$

Reichweite (*reach*) ist die Angabe, welcher Anteil der Knoten im Netzwerk erreicht werden kann, d.h. welchen Prozentsatz der Knoten im Netzwerk eine Nachricht, die von einem der Knoten los geschickt wurde, erreichen kann.

4.4.2. Netzwerkmetriken der Akteurebene

Auf der Akteurebene, also bei einer akteurorientierten Netzwerkanalyse, lassen sich folgende Netzwerkkennzahlen erheben: Reichweite, Stärke der Verbindung zwischen den Akteuren, Grad eines Knotens und seine Zentralität bzw. Wichtigkeit im Netzwerk.

Die Reichweite (*reach*) kann auch bei einem einzelnen Knoten gemessen werden. Dabei bedeutet diese Kennzahl die Anzahl der Knoten, die der betrachtete Knoten direkt oder indirekt, d.h. über Zwischenknoten, erreicht (Trier (2007, S. 395)).

Als Verbindungs- oder Beziehungsstärke (*relationship/tie bzw. link strength*) wird die Stärke der Beziehung zwischen zwei Knoten bezeichnet. Sie zeigt die Häufigkeit der Interaktionen auf, zählt die eigentlichen Interaktionen oder misst ihre Intensität. Im Kontext der Kommunikationsnetzwerke ändert sich die Verbindungsstärke je nach Ereignisintensität in Form von ankommenden oder rausgehenden Nachrichten (Trier (2008)). Um diese Kenngröße, die auch eine Wichtung der Verbindung zwischen den Knoten angibt, zu ermitteln, ist das Konzept des *linkevents* von entscheidender Bedeutung. Die *link strength* wird als der Quotient der Anzahl der *linkevents* (LE) pro *link* (L) berechnet: $\frac{LE}{l}$.

Der Grad (*degree*) eines Knotens bezeichnet die Verbundenheit eines Knotens mit anderen Knoten. Wird die Richtung der Ereignisse im Datensatz des Netzwerks berücksichtigt, kann zwischen dem *Indegree* und *Outdegree* unterschieden werden. Der Indegree (*id*) bemisst die auf einen Akteur gerichteten Beziehungen bzw. Ereignisse, während der Outdegree (*od*) die von einem Akteur ausgehenden Beziehungen bzw. Ereignisse quantifiziert. Der Outdegree kann in Kommunikationsnetzwerken Aufschluss über die Aktivität (*activity*) und der Indegree über die Prominenz (*prominence*) eines Akteurs geben (Trier (2008)). Ein Knoten mit Degree =0 wird als isoliert (*isolate*) bezeichnet. Mithilfe der Matrizendarstellung lässt sich der der Grad D des Akteurs i in einem Netzwerk mit N Knoten wie folgt berechnen:

$$D_i = \sum_{j \vee i=1}^{N} x_{ij}\,,\ f\ddot{u}r\, i \neq j \tag{4.4.7}$$

Die Kennzahl der Zentralität (*centrality*) setzt sich mit der Frage auseinander wie „wichtig“ ein Akteur im Netzwerk ist (Wasserman and Faust (2009, S. 169)). Das kann sich auf seine Einbettung bzw. Vernetztheit beziehen. Die Beurteilung der Wichtigkeit kann sich jedoch auch auf den Einfluss des Knotens bzw. dem Zugang zu ihm, seiner Reputation (oder Prestige) oder der Kontrolle, die er auf das Netzwerk bzw. auf die Informationsflüsse im Netzwerk ausüben kann, beziehen. Basierend auf den Werten der Zentralität kann die Rolle des Akteurs im Netzwerk bestimmt und formalisiert beschrieben werden. Dabei ist das Degree-Maß ein intuitiver Indikator für die Zentralität eines Akteurs, deshalb wird es häufig zur Messung der *Degree Zentralität* (*centrality*) C_D angewandt: $C_D(n_i) = D(n_i)$. Auch hier werden die Zeilen bzw. die Spaltenwerte der Adjazenzmatrix aufsummiert. Bei einem gerichteten Netzwerk, wird die Degree Zentralität

auf der Basis des Outdegree od_i berechnet. Das Degree-Maß und somit auch die Degree Zentralität sind abhängig von der Netzwerkgröße. Um die Kennzahlen also vergleichen zu können, müssen sie standardisiert werden. Dafür wird die berechnete Zentralität durch die Anzahl aller möglichen Beziehungen (N-1) dividiert, dabei wird eine Beziehung des Akteurs zu sich selbst ausgeschlossen. Die normierte Degree Zentralität des Knotens n_i wird also wie folgt berechnet:

$$C_D(n_i) = \frac{d_i}{N-1} \tag{4.4.8}$$

bzw. bei gerichteten Graphen: $C_D(n_i) = \frac{od_i}{N-1}$.

Normierte Zentralitätsmaße erlauben den Vergleich der relativen Wichtigkeit von Knoten in Netzwerken von unterschiedlicher Größe und auch den Vergleich der Durchschnittsmaße zwischen den Netzwerken. Die Degree Zentralität bewertet den Knoten als zentral, der die meisten Verbindungen zu unmittelbaren Nachbarn hat. Dabei werden auch redundante Beziehungen berücksichtigt. Bei gerichteten Graphen wird der Indegree als ein Kennzeichen der Popularität eines Knotens bewertet (Wasserman and Faust (2009, S. 179)). Die Degree Zentralität misst die Verbundenheit eines Knotens in Bezug auf seine direkten Nachbarn. Ein Knoten mit einer hohen Degree Zentralität kann als zentral betrachtet werden, es ist jedoch nicht klar, ob er nur in seiner lokalen Umgebung oder im gesamten Netzwerk als zentral betrachtet werden kann. Soll ein Indikator für den Einfluss im gesamten Netzwerk gefunden werden, ist die Degree Zentralität daher ungeeignet. Aus diesem Grund wurden weitere Zentralitätsmaße eingeführt, die auch die indirekten Beziehungen eines Knotens berücksichtigen.

Die *Betweenness*-basierte Zentralität zerlegt das Netzwerk in Triaden, d.h. in Gruppen mit drei Akteuren. Dieses Zentralitätsmaß betrachtet die Vermittlungsleistung eines Knotens als das Zentralitätskriterium. Knoten mit großen Werten der Betweenness Zentralität können also *cut points* sein, die zwischen Netzwerkteilen vermitteln (Holzer (2009)). Somit kontrollieren diese Knoten die Kommunikation im Netzwerk. Dieses Maß wird als die Anzahl der kürzesten Pfade (*geodesic*) zwischen Knotenpaaren berechnet, die durch den betrachteten Knoten laufen. Ist g_{jk} die gesamte Anzahl der kürzesten Pfade zwischen n_j und n_k, und $g_{jk}(n_i)$ die Menge der Pfade, die durch n_i gehen, dann ist b die Betweenness, also die „Wahrscheinlichkeit", dass n_i auf dem Weg zwischen n_j und n_k liegen wird (Holzer (2009)): $b_{jk}(n_i) = \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}$. Die *Betweenness* Zentralität eines Knotens im gesamten (ungerichteten) Netzwerk C_B kann wie folgt ermittelt werden:

$$C_B(n_i) = \sum_{j}^{n} \sum_{k}^{n} b_{jk}(n_i),\ für\, i \neq j\, und\, j < k \tag{4.4.9}$$

Um mehrere Netzwerke anhand dieses Maßes vergleichen zu können, muss es so transformiert werden, dass es Werte zwischen 0 und 1 einnimmt, das Maß muss also standardisiert werden. Die theoretisch größtmögliche Betweenness (die Zahl aller Knotenpaare, die n_i nicht beinhalten) beträgt: $\frac{n^2-3n+2}{2}$. Wird die Betweenness durch dieses Maß geteilt, ergibt sich die standardisierte Betweenness- Zentralität als:

$$C'_B(n_i) = \frac{2\sum_j^n \sum_k^n b_{jk}(n_i)}{n^2-3n+2},\ für\, i \neq j\, und\, j < k \tag{4.4.10}$$

Um die normierte Zentralität in gerichteten Netzwerken zu berechnen, muss C'_B mit Faktor 2 multipliziert werden, da der Maximalwert eines Index in einem gerichteten Graph als $\frac{n^2-3n+2}{2}$ berechnet wird (Wasserman and Faust (2009, S. 201)). Die Betweenness Zentralität eignet sich dann zur Bestimmung von Rollen in einem Netzwerk, wenn die Kommunikationsmuster im Netzwerk tatsächlich die Übermittlung der Information durch bestimmte Knoten beinhalten.

Closeness Zentralität (oder nähebasierte Zentralität) misst die Nähe eines Knotens zu allen Knoten im Netzwerk. Ein Akteur mit einem hohen Wert der Closeness Zentralität kann also sehr produktiv bezogen auf die Kommunikation der Information an andere Akteure sein. So kann die Problemlösung in Netzwerken erleichtert werden, wenn die Knoten kurze Kommunikationspfade zu anderen Akteuren haben (Wasserman and Faust (2009, S. 184)). Die Basis für ihre Ermittlung ist die durchschnittliche Pfaddistanz eines Knotens i zu anderen erreichbaren Netzwerkknoten. Hier werden sowohl die direkten als auch indirekten Beziehungen berücksichtigt. Ist die kürzeste Distanz zwischen zwei Knoten n_i und n_j $d_p(n_i, n_j)$, dann gilt für die nähebasierte Zentralität:

$$C_c(n_i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} d_p(n_i, n_j)}, \; für\, i \neq j \tag{4.4.11}$$

Der maximale Closesness-Wert ist hier also auf $\frac{1}{n-1}$ beschränkt, denn dann kann ein Akteur alle anderen in genau einem Schritt erreichen. Um die Closeness-Werte vergleichbar zu machen, muss der C_c- Wert mit $(n-1)$ multipliziert werden. Der standardisierte C'_C Wert ist genau dann 1, wenn ein Knoten mit allen anderen direkt verbunden ist. Ein isolierter Knoten hat den C'_C Wert von 0.

$$C'_c(n_i) = \frac{n-1}{\sum_{j=1}^{n} d_p(n_i, n_j)}, \; für\, i \neq j \tag{4.4.12}$$

Die *closeness centrality* ist eine der Kernmetriken in der Sozialen Netzwerkanalyse (Buechel and Buskens (2008)). Ein Akteur wird dann als zentral angesehen, wenn die Entfernung von ihm zu anderen Akteuren klein ist, d.h. seine *closeness centrality* große Werte aufweist. Diese Metrik kann als das Maß der Effizienz der Informationsverteilung eines Knoten an andere Knoten betrachtet werden. Dekker et al. (2003) zeigt auf, dass eine hohe durchschnittliche *closeness centrality* auch die Genauigkeit der übermittelten Information erhöht. Je größer die Entfernung zwischen den Knoten, desto kleiner die *closeness centrality* und somit die Genauigkeit der übermittelten Informationen (Okamoto et al. (2008)). Die Berechnung der Closeness Zentralität in einem gerichteten Graphen erfolgt ebenfalls nach der oben beschriebenen Formel 4.4.12 und hat entsprechend die gleiche Bedeutung wie bei ungerichteten Graphen (Wasserman and Faust (2009, S. 200)).

Um jedoch zentrale Akteure im Netzwerk identifizieren zu können, muss nach inhaltlichen Aspekten entschieden werden, welches der oben beschriebenen Zentralitätsmaße am besten geeignet ist. Jansen (2003, S. 137) unterscheidet die drei Maße nach ihrem Einfluss im Kommunikationsprozess. Die Degree Zentralität kann z.B. Aufschluss über die Kommunikationsaktivität eines Akteurs geben. Betweenness Zentralität kann dann als Indikator herangezogen werden, wenn es darum geht, die Kontrollstrukturen der Informationsflüsse im Netzwerk zu identifizieren. Knoten, die von anderen Knoten unabhängig

sind, lassen sich anhand ihrer Closeness-Werte bestimmen. Was alle drei Zentralitätsmaße (siehe Freeman (1978)) gemeinsam haben, ist die Einbindung der Relationen eines Knotens zur Beurteilung seiner Rolle im Netzwerk bezüglich der von ihm ausgeübten Macht und Einfluss.

Die oben beschriebenen Kennzahlen können als sozial-strukturelle Kennzahlen verstanden werden und Aufschluss über die Rolle eines Knotens bzw. Akteures im Netzwerk geben. Dabei gibt es in der Forschung bereits Untersuchungen darüber, dass mithilfe der Zentralitätsmasse der Akteure im Netzwerk Aussagen über ihre Performanz oder über ihre anderen Eigenschaften wie z.B. den Besitz des sozialen Kapitals getroffen werden können. So stellten Ahuja et al. (2003) eine positive Korrelation von der Zentralität eines Akteurs und seiner Performanz fest; Rulke and Galaskiewicz (2000) erforschten die Performanz von Spezialisten bei zentralen und dezentralen Gruppen; Rulke and Galaskiewicz (2000) beschreiben zudem Erkenntnisse über die Aussage der Zentralitätsmetrik und den Bezug zur Macht in einer Organisation.

Der Begriff des *sozialen Kapitals* wird im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse aus unterschiedlichen Blickwinkeln definiert. Zum einen wird darunter eine Ressource verstanden, die aus den Verbindungen des betrachteten Knotens nach Außen entsteht. Diese Sicht wird insbesondere im Bereich der Soziologie vertreten. Sie basiert auf der Annahme, dass Aktionen von Individuen oder Gruppen durch ihre Mitgliedschaft in Sozialen Netzwerken erleichtert werden können. Durch diesen Ansatz kann der unterschiedliche Erfolg von Individuen erklärt werden (Adler and Kwon (2009, S. 90)).

Zum anderen kann das soziale Kapital als eine Eigenschaft der internen Verbindungen definiert werden, die die Strukturen von kollektiven Akteuren wie Gruppen, Organisationen, Gemeinschaften, etc. charakterisieren und ihnen somit gemeinsame Vorteile ermöglichen (Adler and Kwon (2009, S. 92)). Diese Sicht wird gerade im Bereich der Politikwissenschaften und der Entwicklungsökonomie vertreten (Sandefur and Laumann (1988), Wellman (1988)). Welche der beiden Sichten für eine Analyse angemessen ist, hängt zum großen Teil von dem zu analysierenden Objekt ab. In dieser Arbeit wird die Definition von (Nahapiet and Ghoshal (1998, S. 243)), die die beiden Sichten auf das soziale Kapital vereinbart, übernommen: *"[Social capital is] the sum of the actual and potential resources embedded within, available through, and derived from the network of relationships possessed by an individual or social unit. Social capital thus comprises both the network and the assets that may be mobilized through that network"*. Im Folgenden werden nun Rollen vorgestellt, die aufgrund von strukturellen Kennzahlen abgeleitet werden und den Netzwerkknoten zugewiesen werden können. Diese Rollen erlauben Aussagen über das dem Akteur zur Verfügung stehende soziale Kapital.

Als *Broker* (auch *cut node* oder *gatekeeper*) wird ein Knoten oder Akteur bezeichnet, der auf dem Pfad zwischen zwei Subgruppen im Netzwerk situiert ist. Somit kontrolliert er den Informationsfluss zwischen den Subgruppen. Wenn der Broker entfernt wird, werden diese Gruppen getrennt. Diese Knoten weisen häufig einen hohen Betweenness-Wert auf (Trier (2005)). Verfügt ein Knoten über zahlreiche direkte Verbindungen, wird er als *Hub* bezeichnet. Diese Rolle wird häufig von einem hohen Degree-Wert begleitet. *Transmitter* übermitteln Nachrichten an andere Knoten. Da sie nur Nachrichten versenden, haben sie ein Indegree, der gleich 0 ist. Als Empfänger (*receiver*) werden Knoten bezeichnet, deren

Outdegree gleich 0 ist. Bei „normalen“ Knoten (*carrier*) ist sowohl der Out- als auch der Indegree größer 0. (Trier (2005, S. 160ff))

Brokering Activity, eine Netzwerkmetrik definiert von Trier and Bobrik (2007) für die dynamische Analyse von sozialen Netzwerken, betrachtet nicht die statische Position eines Akteurs im Netzwerk, sondern bietet einen Anhaltspunkt zur Bestimmung der aktiven Rolle der Akteure bei der Netzwerkentstehung. Dieser Metrik liegt die Annahme zugrunde, dass eine Aktion eines Akteurs dann vorteilhaft ist, wenn sie in einer besseren Netzwerkverbundenheit resultiert. Das bedeutet, dass der Akteur mit dieser Aktion die Pfadlänge zwischen den Knoten des Graphen reduziert und somit „Abkürzungen“ im Netzwerk schafft. Die Brokering Activity (BA) wird als die Anzahl von neuen Verbindungen oder kürzeren Pfaden (p_{jk}) zwischen anderen Knoten definiert, die im betrachteten Zeitfenster durch Aktivitäten von einem Knoten geschaffen wurden (siehe Gleichung 4.4.13).

$$BA = \sum_{j}^{n} \sum_{k}^{n} b(p'_{jk} > p_{jk}),\ i \neq j \tag{4.4.13}$$

Diese Metrik kann auf die Berechnung der Anzahl der von Aktivitäten eines Knotens geschaffenen Pfade innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraums (also mehreren Zeitfenstern) erweitert werden. Diese Summe wird dann als Originating Brokering Activity bezeichnet.

Ein *Pulsetaker* ist ein Knoten mit einem relativ geringen Degree-Wert. Allerdings besitzt er Verbindungen zu Knoten mit einem hohen Degree-Wert (z.B. Hubs). Somit nimmt er eine effiziente Position im Netzwerk ein, da er die erforderlichen Informationen empfängt, ohne zahlreiche Kontakte unterhalten zu müssen (Trier, 2008). Die Metrik ist der Quotient der Anzahl der indirekten Kontakte und der Anzahl der indirekten Kontakte eines Knotens (Trier (2005, S. 169)).

Die oben beschriebenen Ansätze zur Bestimmung der (strukturellen) Wichtigkeit bestimmter Akteure in einem Netzwerk zielen darauf ab, die nützlichen Netzwerkeigenschaften eines Akteurs zu identifizieren. In bestimmten Situationen ist es jedoch notwendig zu untersuchen, welche Akteure für das Netzwerk notwendig sind. Um diese Frage zu beantworten, wurde von Borgatti (2006) das Konzept des *Key Players* bzw. das *Key Player Problem* (KPP) definiert. Diese Metrik kann eingesetzt werden, um den Einfluss eines Akteurs auf das Netzwerk bzw. seine Entwicklung zu bestimmen. Dabei wird angenommen, dass der Einfluss eines Knotens auf die anderen Knoten proportional zum Kehrwert der Distanz zwischen den beiden Knoten ist (Dreyfus and Iyer (2008, S. 120)). Diese Metrik kann in der Analyse der Bedeutung unterschiedlicher Aktivitäten im Prozess eingesetzt werden. Tutzauer (2007) und Ortiz-Arroyo and Hussain (2008) verwenden zur Ermittlung von wichtigen Akteuren bzw. *Key Player* die Informationstheorie, genauer die Entropiemetrik basierend auf der Verbundenheit des Knotens.

4.5. Informationsvisualisierung

Visualisierung spielt bei der Netzwerkanalyse eine wichtige Rolle. An dieser Stelle soll deshalb näher auf die Visualisierung von Informationen, insbesondere im betriebswirt-

schaftlichen Kontext, eingegangen werden. Visualisierung kann als Prozess der Repräsentation von Daten in Form einer Abbildung definiert werden (Latham (1995, S. 148)). Das Ziel der Visualisierung ist es, nicht die quantitative Analyse zu ersetzen, sondern diese zu fokussieren (Grinstein and Ward (1997)). Die Eigenschaften der Visualisierung können wie folgt zusammen gefasst werden (Grinstein and Ward (1997), Tegarden (1999), Latham (1995)), sie:

- Erlaubt es Information aus Daten durch die visuelle Auswertung der Darstellung zu extrahieren,
- Bietet einen Überblick über komplexe Datenmengen,
- Unterstützt die Identifikation von Strukturen, Mustern, Trends, Anomalien und Beziehungen in Datenmengen,
- Stellt Beziehungen zwischen Elementen dar,
- Kann sowohl einen Gesamtüberblick als auch die Detailansicht eines Systems unterstützen,
- Unterstützt das Identifizieren der kritischen bzw. wichtigen Bereiche.

Die Visualisierung erlaubt es den Entscheidungsträgern aus den Daten Informationen, also zweckbezogenes Wissen, herauszubilden. Crosby (1997) äußert zudem die Vermutung, dass die Visualisierung eines der beiden Faktoren ist, die die Entwicklungen in modernen Wissenschaften vorantreiben. Ein anderer Faktor dabei ist die Messung, auf die im Abschnitt 6 näher eingegangen werden soll. Gerade bei der Untersuchung von Netzwerkdaten ist die Visualisierung dieser Daten sowohl für ihr Verständnis als auch für die Kommunikation von Ergebnissen an andere von einer großen Bedeutung (Freeman (2000)).

Die Technik der Visualisierung kann auf unterschiedlichen Gebieten mit unterschiedlichen Zielen eingesetzt werden. Tegarden (1999) identifiziert drei allgemeine Klassen von Visualisierungstechnologien: wissenschaftliche Visualisierung, Daten- / Informationsvisualisierung und virtuelle Realität.

Wissenschaftliche Visualisierung (*scientific visualisation*) beschäftigt sich mit der Transformation der Daten, die aus wissenschaftlichen Berechnungen oder Experimenten stammen, in Abbildungen. Wissenschaftliche Visualisierung ist eines der Ursprünge der Informationsvisualisierung.

Daten bzw. **Informationsvisualisierung** (*data/ information visualisation*) bezieht sich auf die Transformation der nicht-räumlichen oder verhaltensbezogenen Daten in Abbildungen, die eine Analogie oder Metapher des Problemraums darstellen. Neben der wissenschaftlichen Visualisierung, bilden die Thematik der statischen Graphen und das Interface Design den Ursprung der Informationsvisualisierung (Burkhard (2005)).

Virtuelle Realität (*virtual reality*) ist (im Kontext der Visualisierung von betrieblichen Abläufen) eine computergenerierte, simulierte Umwelt, die das Verhalten des Benutzers in Echtzeit widergibt.

Als Informationsvisualisierung wird im Allgemeinen eine computergenerierte graphische Darstellung der Information bezeichnet. Dieses Forschungsgebiet betrachtet das Design, die Entwicklung und Anwendung der computergenerierten graphischen Repräsentation der Information (Chen (2010)). Das Ziel ist es dabei, dem Betrachter neue (Ein-)Sichten auf ein bestimmtes Thema zu gewähren. Aus diesem Grund müssen zahlreiche Aspekte der Darstellung und Dateneinbindung berücksichtigt werden.

Die Problematik der Datenerhebung und –Analyse im Rahmen der Sozialen Netzwerkanalyse wurde bereits im Abschnitt 4.3 erläutert. Die Daten über das soziale Netzwerk müssen zunächst geordnet und in eine Struktur gebracht werden, die eine anschließende automatisierte Visualisierung erleichtert oder ermöglicht. Moreno (1953), der Entwickler der sozialen Netzwerkanalyse der Neuzeit (Pfeffer (2008)), erfasste die Daten in der Soziomatrix, die er in eine graphische Darstellung, das Soziogramm, überführte. Auch Card et al. (1999) schlagen eine Erfassung der Daten in Tabellen, die anschließend für die Visualisierung angewendet werden können, vor.

Um die Struktur des Netzwerks möglichst genau darstellen zu können, werden unterschiedliche Visualisierungsalgorithmen verwendet. Neben den Algorithmen kann auch eine Visualisierung in zwei oder drei Dimensionen erfolgen. Je nach Analysefokus, kann diese Visualisierungsmöglichkeit von Nutzen sein. Neben der Wahl des Algorithmus für das Netzwerklayout, stellt sich auch die Frage danach, welche Daten dargestellt werden sollen. Hier kann zwischen vorab analysierten Daten und Rohdaten unterschieden werden (Card et al. (1999), Moreno (1953)). Gemäß der Cognitive Fit Theory (siehe Abschnitt 7.9) können die vorverarbeiteten Daten die Analyse bzw. die entsprechende Problemlösung unterstützen, wenn sie unter deren Berücksichtigung erstellt worden sind (Card et al. (1999), Zhu and Chen (2005), Zhu and Watts (2010), Chi et al. (1998)).

Da die Netzwerkvisualisierung meist an einen Menschen adressiert ist, dürfen weitere Aspekte wie Lesbarkeit und Verständlichkeit der Darstellung nicht unberücksichtigt bleiben. Hier können auch die Ansätze aus der Gestalttheorie (Wertheimer (1925)) bzw. Psychologie (Bruce et al. (2003)) herangezogen werden, da diese Disziplinen Ansätze zum Verständnis von Modellen und Mustererkennung beim Menschen bzw. die Ergonomie der Wahrnehmung untersucht werden. Auch die Darstellungsart der unterschiedlichen Attribute muss entsprechend berücksichtigt werden. Zur optimalen Vermittlung erfordern quantitative, ordinale und nominale Attribute unterschiedliche Visualisierungen, um eine optimale Vermittlung der Netzwerkinformationen zu erreichen (Pfeffer (2008)). Für quantitative Attribute eignen sich z.B. Größe, Farbsättigung, Farbton, Textur und Form zur Darstellung der unterschiedlichen Eigenschaften der Elemente (Krempel (2005)).

Neben der Informationsvisualisierung gibt es zudem weitere Arten von Informationsdarstellung, also das Informationsdesign (Sachs-Hombach (2005)). Hier wird nur kurz auf dieses Thema eingegangen. Das Ziel eines Informationsdesigns ist es, Informationen so darzustellen, dass diese verständlich, schnell und akkurat wiederfindbar und einfach umzusetzen sind. Während die Informationsvisualisierung den Schwerpunkt auf compu-

terunterstütze Informationsverarbeitung und Darstellung setzt, sind die Ergebnisse des Informationsdesigns statisch wie z.B. Karten, Zeichen oder Grafiken.

4.5.1. Visualisierung von betrieblichen Informationen

Die Visualisierung von betrieblicher Information ist der Gebrauch von Visualisierungstechnologien, um betriebliche Daten oder Informationen darzustellen. Die Informationen werden häufig in Form von Tabellen oder s.g. Kuchen- oder Balkendiagrammen dargestellt. Mit dem steigenden Informationsbedarf und der Vielzahl von potenziellen Informationsquellen, müssen auch für diese Datendarstellungen komplexe Formen gewählt werden, die die Verarbeitung der dargestellten Inhalte erleichtern. Visualisierungstechnologie wird hier eingesetzt, um die Entscheidungsträger dabei zu unterstützten, Informationen effizient zu verarbeiten und diese Ressource besser zu nutzen. Dabei kann Datenvisualisierung auch eine wichtige Rolle bei der Problemlösung spielen. Der Zusammenhang zwischen der Problemdarstellung und ihrer Lösung wird in der Cognitive Fit Theory (Vessey and Sinha (1992)) erläutert (siehe Abschnitt 7.9). Heute wird die Visualisierungstechnologie im betrieblichen Kontext hauptsächlich in den Bereichen wie Finanzen, Marketing, Operations Research, etc. angewendet.

Aktuell ist ein Bestreben der Unternehmen zu beobachten, Prozessinformationen regelmäßig zu erfassen und entsprechend zu visualisieren. Die Informationen stammen dabei aus prozessunterstützenden Informationssystemen, die auch umfassende Ausführungslogs beinhalten. Die Daten werden gesammelt und unter unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewertet. Die Auswertungen dienen dazu, den Prozess zu optimieren. Business Activity Monitoring (BAM), Business (Process) Intelligence, Business Process Analysis und Process Mining (van der Aalst and Weijters (2004)) sind die Ansätze, die diese Entwicklungen veranschaulichen.

Die im folgenden Abschnitt vorgestellte Prozessvisualisierung mit Commetrix[5] geht nicht von den Prozessausführungsdaten, sondern von Prozessmodellen aus. Die Visualisierung der Prozesse als Netzwerke legt den Fokus auf das Prozessverhalten bzw. auf die Informations- und Kommunikationsstrukturen im Netzwerk.

4.5.2. Netzwerkvisualisierung und Analyse mit Commetrix

Visualisierung spielt bei der (Sozialen) Netzwerkanalyse eine wichtige Rolle. Die Bilder der sozialen Netzwerke vermitteln den Forschern neue (Ein-)Sichten bezüglich der untersuchten Strukturen und helfen ihnen dabei, ihre Erkenntnisse zu formalisieren (Freeman (2000)). Um eine Evaluierung und Visualisierung von Gemeinschafts- (community) Netzwerken IT-unterstützt durchführen zu können, wurde das Commetrix-Werkzeug (Trier (2005)) entwickelt. Die Software wird auch bei der netzwerkorientierten Systemanalyse (siehe Abschnitt 2.4.8) entsprechend eingesetzt. Die Analysephasen der netzwerkorientierten Systemanalyse bauen aufeinander auf. Zunächst werden die erhobenen Daten für die Ermittlung der strukturellen Kennzahlen eingesetzt; diese werden anschließend inhaltlich analysiert. Die strukturellen Netzwerkmetriken bilden somit die qualitative Grund-

[5] www.commetrix.org

Abbildung 4.5.1.: Netzwerkanalyse mit Commetrix (eigene Darstellung)

lage für die Beschreibung der Netzwerkeigenschaften und erlauben Aussagen bezüglich des sozialen Kapitals der einzelnen Akteure im Netzwerk (Trier (2006)). Aufbauend auf diesen quantitativen Erkenntnissen, erfolgt eine inhaltliche Analyse des Netzwerks. Eine wesentliche Eigenschaft von Commetrix ist dabei, die Fähigkeit die Analyse aufgrund der zeitlichen Entwicklung des Netzwerks, also dynamisch, durchführen zu können. Dadurch werden Aussagen über die Entwicklung der aktuellen Rollenverteilung in Netzwerk sichtbar und nachvollziehbar.

Um vorhandene Daten (aus Onlinenetzwerken, Umfragen oder Prozessmodellen) in dem Tool auswerten zu können, müssen diese zunächst kodiert und in das Commetrix-Format .cmx überführt werden. Abbildung 4.5.1 zeigt das Vorgehen. Zunächst müssen die Daten bezüglich der Knoten (Akteure), der Kanten (Verbindungen zwischen den Akteuren) und ihren Eigenschaften spezifiziert werden. In dieser Phase wird das Konzept des ereignisorientierten Datenmodells entsprechend berücksichtigt. In der nachfolgenden Phase, dem Kodieren, werden die in der vorhergehenden Phase spezifizierten Elemente in entsprechende .csv oder .sql- Dateien überführt. Die entstandenen Tabellen können durch Commetrix-spezifische Transformation in das .cmx-Format überführt werden. In der vierten Phase können die Netzwerkdaten nun mit der Commetrix-Software ausgewertet und dargestellt werden.

Das ereignisbasierte Datenmodell wird in Commetrix zur Darstellung und Analyse der Netzwerkentwicklung herangezogen. Das bedeutet, dass jedes auftretende Ereignis eigenständig in das Netzwerk mithilfe des *linkevent*-Konzepts integriert wird und somit seine Entstehung direkt prägt. So können die entstehenden Effekte unmittelbar nachvollzogen und auf die entsprechenden Ereignisse zurückgeführt werden (Trier (2007)). Dieser Ansatz unterstützt die Sicht auf Prozesse als eine Sequenz von Ereignissen, die von Doreian and Stokman (1997) angestoßen und von Corsi (1997) definiert wird. Zudem wird diese Sicht auch in dieser Arbeit aufgegriffen und auf die Prozessanalyse erweitert.

Das ereignisorientierte Datenmodell definiert Relationen im Netzwerk als Ereignisse, die Stärke der Beziehungskante wird demnach aus einschlägigen Ereignissen, *linkevents*, abgeleitet werden. Als Ereignisse werden hier ebenfalls (elektronische) Nachrichten sowie (dokumentierte) informelle Kommunikationsformen wie Treffen oder Austausch von physischen Dokumenten definiert. Die Ereignisse und entsprechende Ereignisquellen können mit Attributen erweitert werden, die für die spätere Analyse herangezogen werden.

Commetrix ist ein Java-basiertes Netzwerkvisualisierungs- und -analysewerkzeug, das

die Darstellung von sozialen Netzwerken bzw. Soziogrammen erlaubt. Der Fokus der Visualisierung liegt hier auf der elektronischen Kommunikation wie Austausch von E-Mails, Interaktion in Diskussionsforen, etc. Akteure in sozialen Netzwerken werden also als Knoten und ihre Beziehungen als Kanten dargestellt. Durch das Auftreten eines Ereignisses wird eine Beziehung, *link*, zwischen zwei Knoten hergestellt; findet ein mehrmaliger Austausch über diese Verbindung statt, wird jede der ausgetauschten Daten als ein *linkevent* interpretiert. Dieser Ansatz erlaubt eine Aussage über die Stärke und Intensität der jeweiligen Beziehung. Die Eigenschaften von Akteuren bzw. ihrer Beziehungen werden im Netzwerk mithilfe unterschiedlicher Visualisierungsvariablen wie: Farbe, Ringe, Größe, Dicke, Lables, etc. verdeutlicht.

Eine besondere Eigenschaft von Commetrix ist die Fähigkeit dynamische, ereignisbasierte Netzwerkentwicklung darstellen und analysieren zu können. Diese Möglichkeit erlaubt es, nicht nur statische Analyse des Netzwerkes durchzuführen, sondern erfasst auch die Netzwerkentwicklung und die Historie der aktuellen Rollenbesetzung im Netzwerk.

Die Netzwerkdarstellung kann sowohl in 2- als auch in 3D-Modus erfolgen. Dabei werden quantitative Daten verarbeitet und sind als Kennzahlen für die einzelnen Knoten oder für das gesamte Netzwerk darstellbar. Diese Funktionalität erlaubt es ebenfalls, Daten für eine anschließende Analyse zu extrahieren. Die angewandten Analysemethoden und Metriken kommen aus dem Bereich der Sozialen Netzwerkanalyse, aber auch der dynamischen Graphenvisualisierung, Gestalttheorie für die Realisierung einer ergonomischen und übersichtlichen Darstellung sowie Text Mining, zur Unterstützung der Such- und Filterfunktionen.

Im Kontext der vorliegenden Arbeit werden zunächst nur die statischen Prozesseigenschaften wie sie im Geschäftsprozessmodell erfasst sind, analysiert und in die Netzwerkdarstellung überführt. Daten zur Entwicklung von betrachteten Prozessen liegen hier nicht vor und sollen nicht analysiert werden, so dass ausschließlich eine statische Analyse durchgeführt wird. Der Analyseschwerpunkt liegt auf der Ermittlung von Prozesseigenschaften und Eigenschaften von Prozessaktivitäten, die mithilfe der Netzwerkanalyse bestimmt werden sollen. Der ausschlaggebende Grund für den Einsatz des Commetrix-Werkzeugs ist das ereignisorientierte Paradigma, das hier zur Visualisierung und Analyse herangezogen wird.

Im Kontext der Geschäftsanalyse durch den Ansatz der Sozialen Netzwerkanalyse werden Prozessaktivitäten als Systemelemente, die über ein bestimmtes Verhalten verfügen, gesehen. Das Verhalten äußert sich dabei durch Informations- bzw. Kommunikationsereignisse oder Ereignisse aus dem Lebenszyklus der Elemente.

4.6. Übersicht der Anwendungen der Sozialen Netzwerkanalyse im Rahmen der Geschäftsprozessanalyse

In diesem Abschnitt soll eine kurze Übersicht der Forschungsbereiche der Wirtschaftsinformatik vorgestellt werden, die bereits (Soziale) Netzwerkanalyse anwenden, um organisations- oder IT- bezogene Fragestellungen zu bearbeiten. Im Abschnitt 2.4 wurden zudem bereits

die aktuellen Forschungsarbeiten aus dem Bereich der quantitativen Geschäftsprozessanalyse bzw. der Geschäftsprozessanalyse mithilfe der (Sozialen) Netzwerkanalyse beleuchtet.

Die Soziale Netzwerkanalyse wurde bereits in der Wirtschaftsinformatik bzw. in ihrer amerikanischen Entsprechung, dem Information Systems Research, angewandt. Im Kontext des Wissensmanagements sind hier die Arbeiten von z.B. Trier (2008) und Bobrik and Trier (2009) zu erwähnen. In diesen Arbeiten werden elektronische Expertengemeinschaften untersucht. Dabei spielen sowohl die strukturellen Netzwerkaspekte als auch die inhaltliche Analyse des Netzwerks eine wichtige Rolle. Ahn et al. (2007), Garton et al. (1997), Mislove et al. (2007) analysieren große Online- Netzwerke mithilfe der Sozialen Netzwerkanalyse. Der Einfluss von Informationssystemen auf Organisationsformen wurde von Zack (2000) mithilfe der Sozialen Netzwerkanalyse untersucht. Temdee and Korba (2001) wenden den Ansatz der Sozialen Netzwerkanalyse zur Bewertung von computerbasierten Systemen zur Unterstützung der kollaborativen Arbeit an. Martinez et al. (2003) werteten die Logs, die im Kontext des computerunterstützen Lernens (E-Learning) entstanden sind, mit den Techniken der Sozialen Netzwerkanalyse aus. Im Rahmen der Bibliothekwissenschaft wurde der Netzwerkansatz zur Untersuchung des Informationsaustausches angewendet (Haythornthwaite (1996)). Die Autorin identifiziert auch Informationsaspekte, die mit Hilfe der Sozialen Netzwerkanalyse untersucht werden können und die für Bibliothekare und Informationsanbieter relevant sein können. Das sind (Haythornthwaite (1996)):

- Informationsbedarf
- Informationsdarstellung
- Informationslegitimation
- Informationswege und
- Informationsmöglichkeiten.

Diese Aspekte sind auch für die Verwaltung von betrieblichen Informationssystemen und Geschäftsprozessen sowie für das Informationsmanagement im Unternehmen wichtig und wurden bereits zum Teil im Abschnitt 3.6 beleuchtet. Aier (2006a) sowie Aier and Schönherr (2007) setzten die Methoden der Sozialen Netzwerkanalyse zur Gestaltung und Identifikation von Unternehmensarchitekturen bzw. zur Entwicklung von serviceorientierter Architekturen ein. Dreyfus and Iyer (2008) betrachtet die IT-Architektur im Unternehmen als eine vernetzte Struktur mit Elementen, die ihre Weiterentwicklung maßgeblich beeinflussen. Unter der Annahme, dass nur bestimmte Anwendungen kontrolliert werden müssen, um die Strukturentwicklung zu beeinflussen, schlagen die Autoren vor, Kontrollpunkte, also beeinflussbare Applikationen, zu identifizieren. Diese wurden mithilfe der Netzwerkanalyse und Simulation bestimmt.

Handel and Poltrock (2010) betrachten die Organisationsprozesse im Bereich der Kollaboration. Dabei vergleichen sie die ostentative Ablaufsicht (*ostentative view*), die den geplanten, also modellierten, Ablauf betrachtet, und die performante Sicht (*performance view*), also den tatsächlichen Ablauf. Ihre Untersuchung unterstützt die Erkenntnis

von Suchman and Wynn (1984), dass bei komplexen Lösungsprozessen der geplante Prozessablauf lediglich als eine Richtlinie und Anhaltspunkt für die Problembehandlung dient. Das liegt unter anderem daran, dass die tatsächliche Ausführung zum Teil von kontextuellen Elementen abhängt, die nicht (immer) in Prozessmodellen erfasst sind. Durch die Konstruktion eines sozialen Netzwerks bilden Handel and Poltrock (2010) die kollaborativen Aktivitäten, die auf der Nutzung eines Anwendungssystems basieren, ab. Somit kann hier die performante Sicht angenommen werden. Den gleichen Ansatz wenden die Autoren ebenfalls bei der Identifikation und Lösung von Problemen im Produktionsablauf an.

Puhlmann (2007) betrachtet den Geschäftsprozess als ein Netzwerk. Diese Sicht wendet er an, um Prozessinteraktionen mithilfe des π-Kalküls zu definieren, modellieren und zu evaluieren. Dabei definiert er den Prozessgraphen als einen vier-Tupel aus Knoten (Prozessaktivitäten), gerichteten Kanten (Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten), Knotentypen und -Attributen. Im Weiteren betrachtet Puhlmann (2007) ebenfalls den Nachrichtenfluss zwischen den Prozessen und definiert ihn als Interaktionskanten im Prozessgraphen.

Im Bereich der Analyse von Geschäftsprozessmodellen setzen Mendling (2007), Cardoso (2006), Cardoso et al. (2006) speziell definierte (Prozessmodell-)Metriken, die auf den Methoden der Netzwerkanalyse basieren, ein. Dabei spielt insbesondere ihr Einfluss auf Fehlerhaftigkeit von Prozessmodellen eine Rolle (Mendling (2007)). Aufbauend auf diesen Arbeiten schlagen Khlif et al. (2009, 2010) weitere Metriken zur Bestimmung von Eigenschaften der Prozessmodelle vor.

4.7. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Graphentheorie sowie der Ansatz der Sozialen Netzwerkanalyse vorgestellt. Die Analysesichten und -ebenen sowie die dazugehörigen Metriken der Sozialen Netzwerkanalyse wurden eingeführt und erläutert. Die Visualisierungsaspekte der Netzwerkanalyse wurden ebenfalls vorgestellt und in Beziehung zur Visualisierung der betrieblichen Informationen gesetzt. Das Konzept der hier eingesetzten Netzwerkanalysesoftware wurde erläutert. Der Zusammenhang zwischen den Prozessereignissen und dem Konzept der *linkevents* in Commetrix wurde ausgeführt. Die Übersicht der aktuellen Forschung im Bereich des interdisziplinären Einsatzes der Netzwerkanalyse hat gezeigt, dass dieses Analyseinstrument zunehmend an Bedeutung im Bereich der Wirtschaftsinformatik gewinnt.

5. Forschungsmethode

Nach der Einführung in die für diese Arbeit wesentlichen Aspekte und Begriffe, wird in diesem Kapitel nun die Forschungsmethode zur Ermittlung der hier gestellten Forschungsfrage vorgestellt. Neben dem Untersuchungsaufbau, werden die im Abschnitt 1.2 bereits vorgestellten (Forschungs-)Hypothesen erläutert und in den Kontext des Forschungsablaufs gestellt. Das Vorgehen zur Auswertung der Daten sowie die dazu gehörigen statistischen Ansätze werden kurz umrissen, die Techniken zur Evaluierung der Ergebnisse vorgestellt und die für die vorliegende Untersuchung geeigneten ausgewählt.

5.1. Aufbau der Untersuchung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Analyse der Quantifizierbarkeit der Prozesseigenschaften durch die Anwendung der Netzwerkanalyse. Die grundlegende Hypothese dieser Arbeit ist daher, dass den Geschäftsprozessen ein Verhalten zugeordnet werden kann, das durch den Kontrollflussablauf und den Nachrichtenaustausch zwischen den Aktivitäten und Akteuren repräsentiert wird. Die darauf aufbauende Prämisse lautet, dass dieses Verhalten durch strukturelle Eigenschaften des Prozesses wie den Prozessablauf und -Logik eingeschränkt wird. Basierend auf diesen Annahmen, wird der Untersuchungsschwerpunkt auf die Beziehungen zwischen den Aktivitäten und ihre Integration in das Prozessnetzwerk gelegt. Diese Herangehensweise führt zum Einsatz der Ansätze und Techniken aus dem Bereich der Netzwerkanalyse. Die netzwerkbasierte Sicht auf die Prozesse wird aus der Definition des Geschäftsprozesses von Maurer (1996b), der den Prozess als „ein *Netzwerk* aus Ressourcen und Aufgaben (bzw. Aktivitäten), die zur Erstellung einer genau definierten, meßbaren Leistung für einen bestimmten Prozeßkunden (-kreis) oder zur Herstellung eines bestimmten Zielzustandes notwendig sind. Die einzelnen Aktivitäten sind über einen durchgängigen *Leistungs-* bzw. *Informationsfluß* miteinander verbunden und stehen in definierten Reihenfolgebeziehungen zueinander“ definiert, abgeleitet. Dabei wird diese Netzwerksicht erweitert und interpretiert. So repräsentieren hier die Knoten nicht die Ressourcen, sondern die Aktivitäten des Prozesses, *collapsed pools* sowie Start- und Endereignisse.

Um diese Sicht umzusetzen, wurden 58 Geschäftsprozesse bzw. -Geschäftsprozessmodelle in Netzwerke überführt und die Metriken der so entstandenen Prozessnetzwerke aufgenommen. Diese wurden anschließend auf ihre *real-world* Eigenschaften mittels entsprechender Zufallsnetzwerke überprüft (siehe Abschnitt 7.1) und mithilfe der statistischen Analysen ausgewertet. Die gewonnen Erkenntnisse wurden an neuen Prozessnetzwerken evaluiert (siehe Abschnitt 7.5 und 7.7). Zudem wurden die in den Abschnitten 3.1 und 3.3.1 vorgestellten Verfahren zur Identifikation von Geschäftsregeln und Ereignissen in

Fallstudien angewendet (siehe Kapitel 9). Die Ergebnisse der Fallstudien wurden anschließend mit den Ergebnissen der netzwerkbasierten Analyse verglichen und diskutiert. Um das visuelle Verständnis der Prozessnetzwerke zu untersuchen, wurde ein Experiment, das sowohl ein BPMN-Modell als auch ein Prozessnetzwerk involviert, durchgeführt. Basierend auf der Cognitive Fit Theorie wurden ausgehend von den Experimentergebnissen Rückschlüsse über die Rolle der Prozessdarstellung für die Prozessanalyse abgeleitet (Abschnitt 7.9).

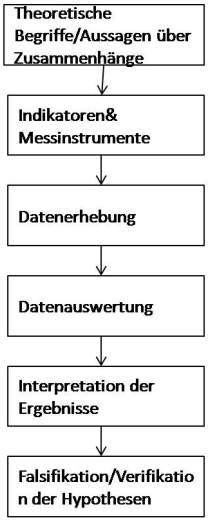


Abbildung 5.1.1.: Forschungsvorgehen (Kromrey (2009, S. 84))

Das Vorgehen zur Bestimmung der Prozesstypen und –Aktivitätentypen basierend auf den Aussagen der Netzwerkanalyse wird mithilfe von statistischen Methoden unterstützt. Dabei werden ebenfalls Hypothesen zu der möglichen Klassifizierung und Eigenschaften der Klassen aufgestellt. Um diese untersuchen zu können, wird das Vorgehen aus Abbildung 5.1.1 angewendet. Nachdem die theoretischen Begriffe und ihre Zusammenhänge in Abschnitten 2 und 3 erläutert wurden, werden diese Zusammenhänge operationalisiert, d.h. durch die Indikatorenbestimmung die empirische Interpretation eines theoretischen Begriffs oder Zusammenhangs geschaffen (Kromrey (2009, S. 206)). Diese Definition findet mithilfe der statistischen Analysemethoden statt, die auf die Ergebnisse der Auswertung der Prozessnetzwerke angewendet werden. Diese Prozessnetzwerke entstammen den Prozessmodellen, die in der Phase der Datenerhebung (siehe Abschnitt 5.1.1) gesammelt und in Netzwerke überführt wurden, so dass die entsprechenden Metriken ausgewertet werden konnten.

In diesem Abschnitt werden also die erhobenen Daten, also Prozessmodelle, sowie ihre Erhebung und Evaluierung diskutiert. Ihre Umwandlung in Prozessnetzwerke sowie die verwendeten statistischen Verfahren werden zudem erläutert und die Evaluierungsmöglichkeiten der erhaltenen Ergebnisse vorgestellt.

5.1.1. Datengenerierung

Insgesamt wurden in dieser Arbeit 58 Prozesse aus der Praxis und Forschung untersucht[1]. Diese Prozesse stammen aus (studentischen) Industrieprojekten[2], Abschlussarbeiten aus dem Unternehmensumfeld (Diplom- und Masterarbeiten sowie Dissertationen) sowie Büchern und Artikeln aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements.

Um die Prozessmetriken ableiten zu können, wurden die gesammelten Prozesse in die Netzwerkdarstellung überführt (siehe Abbildung 5.1.2). Für die Auswahl der Prozesse wurden zunächst keine genauen Kriterien definiert. Als einzige Mindestanforderung wurde die Anzahl der Aktivitäten im Prozessmodell festgelegt. Dabei wurden Prozessmodelle ab acht Aktivitäten betrachtet.

Das Vorgehen zur Überführung von Prozessmodellen in Prozessnetzwerke besteht aus zwei Phasen: zunächst wurden die Prozessmodelle bezüglich ihrer Notation untersucht. Lagen noch keine dokumentierten Prozesse vor bzw. lagen diese in einer anderen Notation als in BPMN vor, wurden diese Prozesse in BPMN modelliert; Lagen diese Prozesse bereits als BPMN-Modelle vor, wurde deren Darstellung auf die Einhaltung der Modellierungsrichtlinien (siehe Abschnitt 2.5) überprüft.

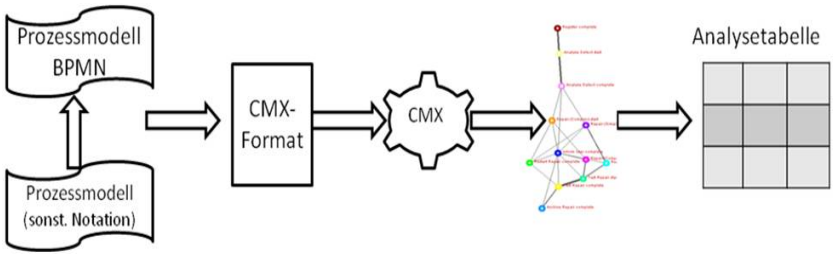


Abbildung 5.1.2.: Datengenerierung zur Netzwerkanalyse (eigene Darstellung)

BPMN-Modelle wurden mithilfe des Modellierungswerkzeuges Signavio[3] erstellt und als Basis zur weiteren Transformation gespeichert. Das BPMN Diagramm wurde anschließend kodiert, d.h. die Sender und Empfänger von Verknüpfungen definiert und in das Datenformat des Commetrix-Visualisierungs- und Analysewerkzeuges überführt. Dabei wurden Prozessaktivitäten, *collapsed pools* (also passive Akteure) sowie Start- und Endereignisse als Knoten und sowohl der Nachrichten- als auch der Kontrollfluss als Kanten des Netzwerks interpretiert.

Das Modellierungswerkzeug Signavio bietet neben der BPMN-Modellierung den Vorteil, dass die Prozessmodelle als XML-Dateien gespeichert werden können. Diese Tatsache ermöglicht eine automatisierte Überführung der Prozessmodelle in das Datenformat, das sich an dem Commetrix-Datenmodell orientiert. Das Datenmodell besteht aus Knoten und Ereignissen (*linkevents*) sowie den jeweiligen Eigenschaften. Die Eigenschaften um-

[1] Herkunft und Bezeichnung der Prozesse siehe Anhang A.

[2] Also Industrieprojekten, die im Rahmen der Veranstaltung "Systemanalyse II" des Fachgebiets Systemanalyse und EDV der Technischen Universität Berlin mit Unternehmen durchgeführt wurden.

[3] www.signavio.com

fassen z.B. den Zeitpunkt des Auftretens eines Ereignisses oder die Beschreibung eines Knotens bzw. Ereignisses. Der Hauptunterschied von diesem Netzwerkdatenmodell zu anderen Netzwerkanalyseansätzen liegt in der Verwendung des Konzepts des *linkevent* (Bender-Demoll and McFarland (2006), Trier (2005, S. 193ff)). Das *linkevent* ist eine Verbindung zwischen einem oder zwei Knoten, die *linkevents* können zu einem *link* aggregiert werden. Ein *linkevent* kann einen, keinen oder mehrere Empfänger haben. Jedes *linkevent* verfügt ebenfalls über einen zugeordneten Zeitpunkt (*timestamp*). Dieses Konzept macht eine dynamische Netzwerkanalyse möglich.

Abbildung 5.1.3.: Commterix-Datenmodell (Trier (2005))

Im Kontext der Prozessnetzwerke umfassten die Beschreibungen der Knoten den Namen der Akteure (jeweils ihr *pool* bzw. *lane*) sowie den Namen der Aktivität. Die *linkevents* spiegeln dabei die Ereignisse im Prozess wider. Da Prozessmodelle statische Strukturen darstellen, kann hier zwar keine dynamische Analyse durchgeführt, aber dennoch die dynamischen Prozessaspekte aufgegriffen werden. Das so entstandene Prozessnetzwerk wurde anschließend durch Commetrix verarbeitet und die Metriken des Netzwerkes wurden extrahiert. Diese Metriken wurden anschließend einer statistischen Auswertung (siehe Abschnitt 5.3) unterzogen.

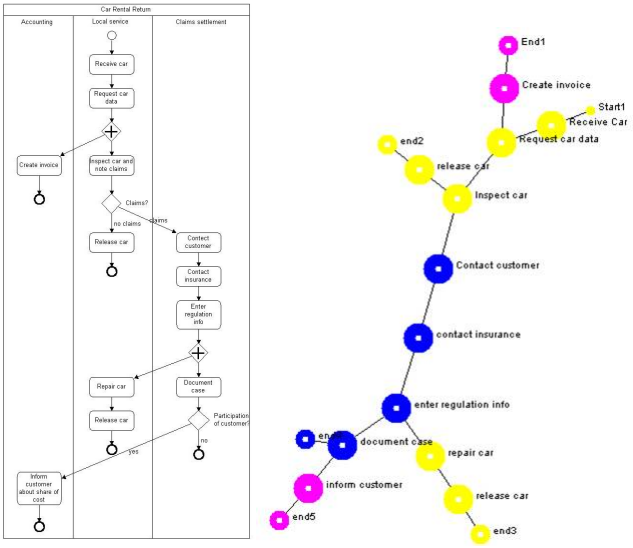


Abbildung 5.1.4.: BPMN-Prozessmodell und Prozessnetzwerk (eigene Darstellung)

Abbildung 5.1.4 zeigt einen in BPMN modellierten Prozess (links) und das entsprechende Netzwerkmodell (rechts). Dabei geben die Knotenfarben die Akteure des Prozesses, die Knotengröße die Anzahl der gesendeten *linkevents* wider. Die Beschriftung der Knoten entspricht den Aktivitätenbezeichnungen im Prozessmodell.

5.1.2. Diskussion der Datenerhebung

Wie bei der klassischen (Sozialen) Netzwerkanalyse stellen auch hier die Akquise und Validität der Daten eine Herausforderung dar (siehe auch 4.3, Frank (2005, S. 28ff)). Aus diesem Grund sollen hier die erhobenen Prozessmodelle diskutiert werden, um die Validität der zu erwarteten Ergebnisse beurteilen zu können.

5.1.2.1. Prozessmodelle

Zunächst kann festgestellt werden, dass die untersuchten Prozessmodelle aus der realen Welt, d.h. aus industriellen Projekten oder aus mit diesen im Zusammenhang stehenden Forschungsarbeiten abgeleitet wurden. Die Liste der Quellen der Prozessmodelle befindet sich im Anhang A.

Die untersuchten Prozesse lagen zunächst als Modelle in unterschiedlichen Notationen oder als Beschreibungen vor. Generell ist anzumerken, dass Modelle, als Abbildungen der Wirklichkeit, drei charakteristischen Eigenschaften (nach Stachowiak (1973)) besitzen. Sie sind: pragmatisch, verkürzt und subjektiv. Diese Eigenschaften sind somit auch prägend für die Geschäftsprozessmodelle. Um diese Eigenschaften entsprechend berücksichtigen zu können, wurden textuelle Prozessbeschreibungen (falls vorhanden) in die Analyse miteinbezogen. Außerdem wurden die Modelle als Entsprechungen der realen Geschäftsabläufe betrachtet.

Auch die Richtigkeit der Modellierung, d.h. der Anwendung der Modellierungsmethode, kann ein Differenzierungsfaktor der untersuchten Modelle betrachtet werden. Jedoch wurden die Modelle vor ihrer Überführung in ein Netzwerk auf ihre syntaktische Richtigkeit und die Kompatibilität der angewendeten Modellierungsmethoden (siehe Abschnitt 2.5) angepasst. Alle Prozessmodelle lagen anschließend als (gegebenenfalls korrigierte) BPMN-Darstellungen vor.

Auch der ursprüngliche Zweck der Prozessmodellierung spielt für die Darstellung seiner Inhalte eine wichtige Rolle. Das Modellierungsziel bestimmt welche Elemente und Zusammenhänge der Modellierer aufnimmt. Bei den untersuchten Prozessen konnte für den Großteil der Fälle das Modellierungsziel bestimmt werden. Neben der Dokumentation, war die Automatisierung von Prozessabläufen ein ausschlaggebender Grund für die Prozessmodellierung. Somit wurden hier Datensätze in die Analyse einbezogen, die nicht explizit zur Bestimmung des Prozessverhaltens aufgenommen wurden. Es handelt sich hier also um die Anwendung der Sekundäranalyse.

Da sich die Prozessmodelle in ihrer Branche und Prozesstyp unterschieden haben, wurden zunächst die allgemeinen quantitativen Eigenschaften des Datensatzes ermittelt, um ihn beschreiben zu können. Zusammenfassend weisen die 58 untersuchten Prozessmodelle folgende strukturelle Eigenschaften auf (siehe Tabelle 5.1):

Elemente des Prozessmodells	Durchschnittswert	Standardabweichung
Prozessaktivitäten bzw. Knoten	33,77	39,83
Links	41,89	35,34

Tabelle 5.1.: Strukturelle Eigenschaften der untersuchten Prozesse

Dabei werden die verhältnismäßig hohen Werte der Standardabweichungen sichtbar. Diese Auffälligkeit kann zum Teil dadurch erklärt werden, dass fünf der untersuchten Prozesse eine signifikant hohe Anzahl an Prozessaktivitäten, *links* und *linkevents* hatten und somit Ausreißer in dem Datensatz darstellten. Zum anderen wurde für die Prozessbetrachtung lediglich die Untergrenze für die Anzahl der Aktivitäten festgelegt.

5.1.2.2. Validität der Daten

Unterschiedliche Einflüsse während der Datenerhebung und –Auswertung haben die Aussagen, die aus den empirischen Ergebnissen abgeleitet wurden, beeinträchtigen können. Diese können auf den Ebenen der Konstrukte sowie interner oder externer Faktoren auftreten. Die Validität der Operationalisierung, also der Indikatorbildung und der Messung, ist ein Gütekriterium der Sozialforschung (Kromrey (2009, S. 239)). Die Gültigkeit bezieht sich auf die definierten Indikatoren und soll bewerten, ob die Indikatoren tatsächlich die ihnen zur Repräsentation zugewiesenen Eigenschaften widerspiegeln. Dabei kann man unter anderem zwischen der inhaltlichen und der Konstruktvalidität unterscheiden. Hier sollen die Begriffe kurz eingeführt und ihre potenziellen Beeinträchtigungen aufgezeigt werden.

Die inhaltliche Validität nach Kromrey (2009, S. 188f) überprüft, ob die Untersuchungsergebnisse plausibel erscheinen, d.h. ob alle untersuchungsrelevanten Dimensionen berücksichtigt und das Vorgehen sowie die Ergebnisse mit dem akzeptierten Wissen und bisherigem „state-of-the-art“ der Erkenntnisse aus der Forschung vereinbart werden können. Die inhaltliche Validität der Verfahren wird durch die Übersicht der aktuellen Forschungsergebnisse auf dem Bereich der Prozessmodellmetriken (siehe Abschnitt 6) sowie der quantitativen Prozessanalyse (siehe Abschnitte 2.4.9 und 4.6) gewährleistet. Die Ergebnisse der Prozess- und Aktivitätenklassifizierung werden zudem diskutiert und mit Ergebnissen der klassischen bzw. der an klassische Verfahren angelehnten Analyse, die im Rahmen von Fallstudien durchgeführt wurden (siehe Abschnitt 9), verglichen.

Die Konstruktvalidität geht davon aus, dass der operationalisierte theoretische Begriff also das Konstrukt in weiteren empirisch prüfbaren Hypothesen eingesetzt werden kann. Diese Form der Validität kann in der vorliegenden Untersuchung durch die Erweiterung der aufgestellten Hypothesen auf andere Prozess- bzw. Aktivitätentypen erreicht werden.

Zwei weitere Formen der Validität können unterschieden werden, die bei der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt werden sollen: die interne und die externe Validität. Die interne Validität bezieht sich auf die Erweiterbarkeit und Optimierungsfähigkeit von Ergebnissen im Rahmen von Laborexperimenten (Kromrey (2009, S. 502)). Sie kann z.B. durch die Unterschiede im Detaillierungsgrad der Prozessdarstellung, in der subjektiven Filterung der darstellbaren Zusammenhänge, in der unterschiedlichen Modellierungsper-

spektive oder Modellierungszielgruppe beeinträchtigt werden. Diese Beeinträchtigungen beziehen sich jedoch auf die konkreten Prozessergebnisse, die entsprechend schwanken können. Die Annahme, dass über das Prozessverhalten prozesseigene Charakteristiken abgeleitet werden können, bleibt davon nicht betroffen.

Die externe Validität bezieht sich auf die Gültigkeit der Ergebnisse außerhalb der Laborbedingungen. Als eine Beeinträchtigung der Validität kann zum einen die Auswahl der Prozessmodelle betrachtet werden, da die Auswahl die Schlüsse aus den Ergebnissen beeinträchtigen könnte. Diese Beeinträchtigung bezieht sich ebenfalls auf die exakten Analyseergebnisse, jedoch nicht auf das Paradigma der Netzwerkorientierung als Methode der Prozessanalyse. Zum anderen kann die Art der Modellierung die Robustheit der entwickelten Metriken beeinträchtigen. Jedoch wurde hier eine verbreitete Notation für Prozessmodelle (BPMN) als Darstellungsform gewählt. Zudem wurden Modellierungsrichtlinien definiert (siehe Abschnitt 2.5.6), die eine grundlegende Konsistenz der Modelle erlauben sollen.

5.2. Annahmen und Hypothesen

Um eine netzwerkbasierte Prozessanalyse durchführen zu können, müssen zunächst Annahmen über Geschäftsprozesse und ihre Darstellung getroffen werden. Diese werden dann zu Forschungshypothesen operationalisiert, die im Weiteren zu operationalen Hypothesen verfeinert werden.

5.2.1. Annahmen

Um die Untersuchung der Prozesseigenschaften mithilfe der Netzwerkanalyse durchführen zu können, wurden folgende Annahmen getroffen:

- Ein Geschäftsprozess weist ein Verhalten auf;
- Dieses Verhalten wird durch die Prozesselemente: Geschäftsregeln und –Ereignisse externalisiert;
- Das Prozessverhalten ist zumindest implizit in einem Geschäftsprozessmodell enthalten;
- Das Prozessverhalten kann mithilfe der Netzwerkmetriken quantifiziert werden;
- Prozessaktivitäten können nach ihrem Verhalten bezüglich des Informationstransports unterschieden werden;

Des Weiteren wurden Annahmen bezüglich der Prozessmodelle gemacht:

- Das Prozessverhalten kann unabhängig von der Modellierungstiefe des Prozesses erfasst werden;

- Die Prozessmodelle erfassen eine ausreichende Menge an Informationen, um das Prozessverhalten externalisieren zu können;
- Die Prozessmodelle geben hinreichend genau den Prozessablauf wider.

Die Annahmen sowie auch die gesamte Untersuchung beziehen sich auf das Prozessverhalten, d.h. die Interaktion zwischen den Prozesselementen. Die Prozessaktivitäten, also die Knoten, spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle. Die Anzahl der Aktivitäten verstärkt jedoch die Ausprägung der jeweiligen Prozesseigenschaften. Die Annahmen bezüglich der Prozessmodelle dienen der Operationalisierung der Untersuchung. Die Annahmen bezüglich des Prozessverhaltens wurden anschließend in Forschungshypothesen überführt.

5.2.2. Hypothesen

Die hier untersuchten Forschungshypothesen sind überwiegend Unterscheidungshypothesen (Bortz and Döring (1995, S. 492)). Das bedeutet, dass mit dieser Analyse zunächst eine Klassifizierung zum einen von Prozesstypen und zum andren von Aktivitätentypen stattfinden soll. Gemäß dem hier gewählten positivistischen Forschungsansatz, sollen die im Abschnitt 1.3.1 aufgestellten Forschungshypothesen durch die durchzuführenden Tests falsifiziert werden.

Die Forschungshypothesen, formuliert als Nullhypothesen, bezüglich der Prozesstypen können wie folgt zusammengefasst werden:

F1: Prozesstypen können *nicht* anhand ihres Verhaltens charakterisiert werden.

F2: Folgende Prozesstypen können *nicht* anhand der Metriken des Prozessnetzwerks differenziert werden (Definition siehe Abschnitt 2.2):

- Kernprozesse
- Automatisierbare Prozesse
- Flexible Prozesse
- Verteilte Prozesse
- Informationsintensive Prozesse
- Entscheidungsintensive Prozesse.

Aus diesen Forschungshypothesen werden die operationalen Hypothesen (im Abschnitt 7) abgeleitet.

Die Forschungshypothesen bezüglich der Aktivitäten können wie folgt definiert werden (für die Definitionen der Aktivitäten siehe Abschnitt 2.2.5):

F3: Rollen der Prozessaktivitäten können bezüglich ihres Informationstransformationsverhaltens *nicht* unterschieden werden;

F4: Die Verteilung der Aktivitätenrollen hängt *nicht* von dem Prozesstyp ab.

Ein zusätzlicher Aspekt der Netzwerkanalyse ist die Visualisierung. Es soll untersucht werden, ob die netzwerkartige Prozessdarstellung einen Einfluss auf die Identifikation von Informations- und Kommunikationsstrukturen im Prozess darstellt. Aus dieser Fragestellung kann die folgende Hypothese abgeleitet werden:

F5: Netzwerkvisualisierung eines Prozesses unterstützt den Analysten *nicht* bei der Ermittlung von Informationsstrukturen des Prozesses.

Während die Forschungshypothesen F1-F3 sowie F5 operationale Hypothesen[4] darstellen, unterstellt F4 einen Zusammenhang zwischen den Untersuchungsobjekten und kann somit als Zusammenhangshypothese eingeordnet werden. Die Forschungshypothesen werden im Weiteren für eine detaillierte Untersuchung operationalisiert.

5.3. Auswertung der Daten

Die zu erhebenden Metriken werden in Anlehnung an die aktuelle Forschung und die Erkenntnisse aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements definiert. Um die Metriken in den als Netzwerk dargestellten Prozessmodellen sowohl auf der Ebene der Prozesselemente als auch auf der Ebene des Gesamtprozesses zu erfassen und abzuleiten, wurden Verfahren der deskriptiven und schließenden (Inferenz-) Statistik angewendet.

Dabei wurden die Interaktion zwischen den Prozesselementen und die so entstandenen Muster als Merkmale aufgefasst. Es soll also der Zusammenhang zwischen den im Abschnitt 2.2 definierten Prozessmerkmalen und Netzwerkkennzahlen untersucht werden. Die Analyse erfolgte mithilfe von statistischen Methoden, die sowohl deskriptive als auch induktive Verfahren beinhalteten. Die weiterführenden statistischen Berechnungen erfolgen mit IBM SPSS Statistics® in der Version 19. Die Interpretation der deskriptiven Ergebnisse der Netzwerkdaten sowie die der multivarianten Analyse erfolgen zusammen mit der Definition der Prozessmetriken im Abschnitt 7.

Neben der deskriptiven Analyse werden ebenfalls die Methoden der induktiven Statistik auf die Prozessnetzwerke angewendet. Die Methoden werden verwendet, um die Eigenschaften der unterschiedlichen Prozessgruppen bzw. der Aktivitätenrollen quantifiziert abzuleiten. Werden diese definiert, können sie auf die Signifikanz der internen Unterschiede untersucht werden. In dieser Arbeit bieten die Bereiche der (Sozialen) Netzwerkanalyse und des Geschäftsprozessmanagements die Grundlage der *Hypothesenentwicklung* und ihrer *inhaltlichen Interpretation* (Bortz and Döring (1995, S. 85)). Die Ergebnisse der *Hypothesentests* bestimmen darüber, ob eine Hypothese angenommen oder abgelehnt werden soll. Ihre signifikanten Ergebnisse bestätigen dabei (vorläufig) die getroffenen Aussagen, jedoch sind die Ergebnisse, die über die Hypothesenprüfung hinausgehen, nur explorativ und werden auch als solche gekennzeichnet. So spielen Hypothesentests eine wichtige Rolle bei der Auswertung der netzwerkbasierten Prozessdaten.

[4] Hypothesen, die mithilfe theoretischer Konstrukte und unter Angabe der Operationalisierung Zusammenhänge, Unterschiede und Veränderungen in dem gegebenen Datensatz formulieren (Bortz and Döring (1995, S. 492)).

Die *Datenbereinigung* wurde bereits bei der Umsetzung der Prozesse als Netzwerke durchgeführt und bei der deskriptiven Auswertung der Daten fortgesetzt. Die Hypothesentests wurden für die vorliegende Untersuchung ausgewählt, um die Annahmen über die Unterschiede zwischen Geschäftsprozessen und –Aktivitäten anhand ihres durch den Nachrichtenaustausch expliziten Verhaltens zu untersuchen.

Die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung werden im Text und als Tabellen im Abschnitt 7.4 dargestellt und beschrieben. Die Ergebnisse der Untersuchungen zu Prozesstypen werden als Funktionen und Tabellen im Unterabschnitt 7.6.2 vorgestellt.

5.3.1. Statistische Kennwerte

Bevor die Verfahren der schließenden (induktiven) Statistik angewendet werden, werden die Daten mithilfe der deskriptiven Statistik aufbereitet (siehe Anhang A, Abbildung A.0.3). Dies ist der erste Schritt der explorativen Datenanalyse. Zu den Verfahren der deskriptiven Statistik zählen z. B. die Berechnung statistischer Kennwerte oder auch die grafische Darstellung der erhobenen Daten.

Die am häufigsten verwendeten statistischen Kennwerte sind: der Mittelwert, die Standardabweichung, die Varianz, der Median und die Quartile. Ein Quartil ist ein Lageparameter unterhalb dessen ein vorgegebener Anteil, hier ein Viertel, der Fälle der Verteilung liegt. Das erste Quartil ist der Punkt der Messwertskala, unterhalb dessen 25% der Messwerte (Fälle) liegen. Das zweite Quartil wird auch als Median bezeichnet. Das ist der Punkt der Messskala unterhalb dessen 50% der Messwerte liegen. Das dritte Quartil ist entsprechend der Punkt der Messwertskala unterhalb dessen 75% der Messwerte liegen (Bühl and Zöfel (1998, S. 107)).

Der Mittelwert, auch als arithmetisches Mittel bezeichnet, berechnet sich aus der Summe der Messwerte geteilt durch ihre Anzahl. Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Messwerte und die positive Quadratwurzel aus der Varianz. Somit ist die Varianz auch ein Maß für die Streuung der Messwerte. Sie wird aus der Summe der Abweichungsquadrate aller Messwerte von ihrem arithmetischen Mittel, dividiert durch die Anzahl der Werte minus 1 berechnet (Bühl and Zöfel (1998, S. 108)).

5.3.2. Statistische Verfahren

Die Auswahl von statistischen Prüfverfahren, die zur Analyse der Prozessnetzwerke angewendet werden können, hängt von mehreren Faktoren wie z.B. der Stichprobengröße oder der Verteilung der Population ab. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung werden als Tabellen im Abschnitt 7.4 dargestellt. Die Art der Darstellung kann die Analyse und Klassifizierung der Ergebnisse deskriptiver Statistik unterstützen. Die statistische Auswertung der Daten erfolgt mit der SPSS®- Software in der Version 19.

5.3.2.1. Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse gehört zu den s.g. *dimensionsreduzierenden* Analyseverfahren der Statistik. Das Ziel dieser Analyse ist es, aus einer gegebenen Anzahl an Variablen diejenigen mit redundanten Informationen herauszufiltern und die Anzahl der zu untersuchen-

den Variablen zu reduzieren. Dabei werden diejenigen Variablen (Indikatorvariablen), die untereinander stark korrelieren, zu einem Faktor (komplexes Merkmal) zusammengefügt. Das führt dazu, dass die Variablen in verschiedenen Faktoren, also demnach die Faktoren untereinander, nur gering untereinander korrelieren. Auf diese Weise soll das Ursachensystem, das zu den vorliegenden Zusammenhängen geführt hat, identifiziert werden (Martens (2003, S. 226)). Die Korrelation einer Variablen mit einem Faktor wird als Faktorladung bezeichnet. Der Wertebereich liegt hier bei -1 bis +1. Dem Betrag nach hohe Faktorladungen geben an, welche Variablen den Faktor prägen bzw. welchem Faktor die Variable zugeordnet werden kann (Bortz and Döring (1995, S. 727)). Diese Eigenschaft wird auch als das „Zünden“ bzw. „Laden“ einer Variablen bei einem Faktor bezeichnet.

Für die Extraktion der Faktoren verwendet SPSS als Kriterien die Größe des Eigenwerts des Faktors (größer 1,0) und den erklärten Varianzanteil. Die ausgewählten Faktoren sollen ca. 85% des Varianzprozentanteils erklären (Bühl and Zöfel (1998, S. 107f)).

Die Faktorenanalyse gibt auch Aufschluss darüber, mit welchem Gewicht die einzelnen Variablen in das Ursachensystem eingehen. Das ist das Ziel der exploratorischen Faktorenanalyse. Diese erstellt die Faktoren induktiv aus einem Datensatz. Um valide Informationen aus der Faktorenanalyse zu entnehmen, soll beachtet werden, dass die Faktoren unkorreliert, also von einander unabhängig, sein müssen. Im Gegensatz zur Diskriminanzanalyse kann die Faktorenanalyse Gruppenbildung unterstützen.

5.3.2.2. Clusteranalyse

Die Clusteranalyse ist ein heuristisches Verfahren zur systematischen Klassifizierung von Beobachtungen, mit dem Ziel Auffinden von Gruppen, in denen sich Beobachtungen befinden, die innerhalb der Gruppe möglichst ähnlich sind und nach Außen, also extern, verschieden. Die Ähnlichkeit wird dabei anhand von Merkmalen der Objekte definiert. Bei der Zusammenfassung zu Gruppen werden mehrere Variablen gleichzeitig betrachtet (Martens (2003, S. 245)).

Die Ergebnisse der Clusteranalyse können die Grundlage für die anschließende Diskriminanzanalyse bilden. Dabei stellt die zugeordnete Clusterzugehörigkeit die entsprechende Gruppe bei der Diskriminanzanalyse dar. Die Clusteranalyse kann jedoch ebenfalls anhand der bereits vorhandenen Cluster stattfinden. So können die in der Faktorenanalyse identifizierten Faktoren als Hinweis auf die mögliche Clusteranzahl in dem Datensatz verwendet werden.

5.3.2.3. Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse ist eine statistische Methode, die zur Untersuchung angewendet wird, ob und wie stark sich zwei oder mehrere metrischen Merkmale anhand von einer diskreten, normalskalierten Variablen (Gruppenzuordnung) unterscheiden (Martens (2003, S. 245)). Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden ebenfalls dazu verwendet, künftige Fälle anhand ihrer Merkmalsausprägungen zu unterscheiden. Das Ziel der Analyse ist also die Trennung (Separation), oder die Zuordnung, also Klassifikation, von Objekten als Merkmalsträgern zu vorgegebenen Gruppen oder Klassen. Diskriminanzanalyse kann

auch zur Beurteilung der Trennschärfe von Gruppen, die mithilfe der Clusteranalyse ermittelt wurden, eingesetzt werden. Durch die Diskriminanzanalyse werden also keine Gruppen gebildet, sondern es wird eine vorhandene Gruppierung angenommen und ihre Qualität überprüft.

Das allgemeine Vorgehen bei der Diskriminanzanalyse kann wie folgt beschrieben werden (Backhaus et al. (2005, S. 155ff)):

- Gruppen identifizieren;
- Diskriminanzfunktion erstellen;
- Diskriminanzfunktion auf ihre Güte evaluieren;
- Diskriminanzwerte analysieren.

Gruppen, in welche die Objekte eingeteilt werden sollen, können unterschiedlichen Ursprung haben. Zum einen können sie sich aus der Untersuchung ergeben (festgelegte Merkmale) oder sie können durch ein vorhergehendes Datenanalyseverfahren wie z.B. die Clusteranalyse entstanden sein. Bei der Diskriminanzanalyse soll eine Linearkombination von Objekteigenschaften gefunden werden, die die Objektgruppen am besten trennt. Diese Kombination wird auch als die *Diskriminanzfunktion* bezeichnet. Die Ergebnisse der Diskrimianzanalyse zeigen die diskriminatorische Bedeutung der unabhängigen Variablen, hier Netzwerkmetriken, die für die Trennbarkeit der Gruppen verantwortlich sind. Diese werden in SPSS in der Strukturmatrix bzw. in der Übersicht der standardisierten Diskriminanzkoeffizienten dargestellt. Korrelieren die gefundenen Diskriminanzkoeffizienten unter einander, kann dies die Trennbarkeit der Funktion beeinträchtigen. Die resultierenden Diskriminanzkoeffizienten sollen also noch nachträglich auf Korrelation, mithilfe der Korrelationsanalyse, untersucht werden, um eine ausreichende Güte der Diskriminanzfunktion zu gewährleisten. Die Güte der Funktion spiegelt ihre Fähigkeit zur Separation bzw. Klassifikation der Daten wider.

Die Güte der entstandenen Diskriminanzfunktion kann durch die Prüfung des Diskriminanzkriteriums bestimmt werden. Dabei ist die Güte der Diskriminanzfunktion die Maximierung des Verhältnisses von erklärter Datensteuerung zu nicht erklärter Datenstreuung. Daraus können die Gütemasse: Eigenwert, kanonischer Korrelationskoeffizient und Wilks' Lambda berechnet werden. *Wilks' Lambda* ist ein inverses Gütemaß, d.h. ein Wert nahe 1 bzw. 0 deutet auf eine schlechte bzw. gute Trennfähigkeit der Diskriminanzfunktion hin. Werden die tatsächlichen Werte der Merkmalsausprägungen in die so entstandene Diskriminanzfunktion eingesetzt, entstehen die s.g. Diskriminanzwerte der aktuell betrachteten Ausprägungen. Nach Ermittlung des Mittelwerts können neue Objekte, deren Merkmale mithilfe der Diskriminanzfunktion analysiert wurden, einer der vorher definierten Gruppen zugeordnet werden. (Backhaus et al. (2005), Martens (2003))

5.3.2.4. Statistische Hypothesentests für eine oder mehrere Stichproben

Statistische Hypothesen basieren auf den oben beschriebenen Forschungshypothesen und formulieren die Relation von zwei betrachteten Parametern. Diese Relation wird mir Hilfe eines Signifikanztests überprüft.

Statistische Hypothesentests folgen einem bestimmten Ablauf. Nachdem eine statistische Hypothese H_0, auch als *Nullhypothese* bezeichnet, und die Alternativhypothese H_a formuliert wurden, gibt der statistische Test darüber Auskunft, ob eine Hypothese auf einem bestimmten Signifikanzniveau α, der die Werte von z.B. 1%, 5% oder 10% annehmen kann, verworfen oder angenommen werden kann. Abhängig vom Signifikanzniveau und dem gegebenen Datensatz, ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Nullhypothese korrekt ist, wenn sie verworfen wurde. Die *Verwerfung der Nullhypothese* bedeutet dann, dass die Aussage der Hypothese mit einer sehr kleinen Wahrscheinlichkeit für das Gegenteil nicht stimmt. Die Forschungshypothesen sind hier als Nullhypothesen formuliert.

Es gibt zahlreiche Faktoren, die bei der Auswahl eines Hypothesentests eine wichtige Rolle spielen. So kann man zwischen Ein- und Mehrstichprobentests unterscheiden. Bei Einstichprobentests werden die Parameter wie Median oder Mittelwert geschätzt, bei Mehrstichprobentests werden diese Parameter zwischen mehreren Stichproben verglichen. Des Weiteren spielt die Verteilung der Stichprobenpopulation bei der Auswahl des Tests eine wichtige Rolle. Dabei werden alle Hypothesentests, die eine bestimmte Verteilungsart der Population wie z.B. die Normalverteilung annehmen, als parametrische Hypothesentests bezeichnet. Tests, die keine Annahmen über die Verteilung machen, werden als nicht-parametrische Tests bezeichnet.

Einer der häufig verwendeten parametrischen Hypothesentests ist der *t-Test*. Er wird für das Testen des Stichprobenmittelwerts verwendet. Dabei kann der Test dann angewendet werden, wenn die Stichprobe normal- bzw. annähernd normalverteilt ist oder über 30 Elemente bzw. über 50 Freiheitsgrade aus den betrachteten Stichproben[5] umfasst (Bortz and Döring (1995, S. 496)). Um eine Stichprobe auf ihre Normalverteilung zu untersuchen, kann der Kolmogoroff-Smirnoff-Test angewandt werden.

Die Prüfgröße t wird wie folgt berechnet:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sigma(x_1 - x_2)} \tag{5.3.1}$$

, mit $\sigma(x_1 - x_2)$ als geschätzter Standardfehler der Mittelwertdifferenz.

Anhand des t-Werts kann ein Signifikanzwert bestimmt werden, der *unter* dem Signifikanzniveau α liegen muss, damit die Nullhypothese abgelehnt werden kann.

5.4. Methoden zur Evaluierung der Ergebnisse

Hevner et al. (2004) schlagen eine Übersicht der möglichen Varianten eines Evaluierungsvorgehens im Bereich der Information Systems Research vor. Die Vorgehen sind dabei in die Bereiche: Beobachtung, Analyse, Experiment, Test und Beschreibung gegliedert. Tabelle 5.2 fasst diese Ansätze zusammen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zunächst Vorgehen zur Extraktion von Geschäftsregeln bzw. Ereignissen aus den Prozessabläufen vorgestellt (siehe Abschnitte 3.2 und

[5] Die Anzahl der Freiheitsgrade entspricht der Anzahl frei variierender Abweichungen; Bei einer Stichprobe der Größe n sind n-1 Abweichungen frei wählbar, d.h. die Anzahl der Freiheitsgrade entspricht n-1.

3.4.2). Zudem wurde ein quantitatives Vorgehen, das auf der Analyse eines Netzwerks basiert, zur Ermittlung von Prozesstypen und Rollen von Aktivitäten im Prozess vorgestellt. Um die vorgestellten Vorgehensmodelle zu evaluieren, wurde hier das Evaluationsvorgehen mithilfe von *Fallstudien* bzw. Feldstudien, da die gleichen Vorgehen in unterschiedlichen Projekten angewandt wurden, gewählt. Die Ergebnisse sind im Abschnitt 9 aufgeführt.

Für die Evaluierung der identifizierten Prozessmetriken wurde die statistische Analyse, die auch zu ihrer Identifikation angewendet wurde, gewählt (siehe Abschnitt 7). Diese wurde ebenfalls auf die Prozesse aus den Fallstudien angewendet, welche zur Evaluierung von Vorgehensmodellen aufgestellt wurden. Die jeweiligen Ergebnisse werden ebenfalls im Abschnitt 9 aufgeführt, diskutiert und verglichen. Zudem wurden neue Prozessnetzwerke erhoben, die mithilfe der identifizierten Metriken analysiert wurden. Die Ergebnisse wurden ebenfalls in Experteninterviews bzw. Workshops verifiziert.

Für die Ermittlung der Auswirkung der Darstellungsform des Prozesses auf die Ergebnisse der Prozessanalyse wurde das Experiment als Vorgehen angewendet. Die Ergebnisse und das Experimentdesign sind im Abschnitt 7.9 beschrieben.

Art des Vorgehens	Erläuterung der Vorgehensinhalte
Beobachtung	
Fallstudie	Das Artefakt wird im Unternehmensumfeld eingesetzt und ausgewertet
Feldstudie	Die Benutzung des Artefakts wird in mehreren Projekten beobachtet
Analyse	
Statische Analyse	Prüft Struktur des Artefakts bzw. seiner statischen Eigenschaften wie z.B. der Komplexität
Architekturanalyse	Untersucht wie das Artefakt in die vorhandene IS-Architektur eingegliedert wird
Optimierung	Zeigt inhärente optimale Eigenschaften des Artefakts oder die Grenzen der Optimierung seines Verhaltens auf
Dynamische Analyse	Untersucht das Artefakt im Laufe seiner Anwendung bzgl. seiner dynamischen Eigenschaften wie z.B. der Leistung
Experiment	
Kontrolliertes Experiment	Das Artefakt wird in einer kontrollierten Umgebung bzgl. seiner Eigenschaften getestet
Simulation	Das Artefakt unter Benutzung von künstlich erzeugten oder historischen Daten ausgeführt
Test	
Funktionelles Testen (black box)	Das Artefakt wird ausgeführt, um mögliche Fehler oder Kompatibilitätsschwierigkeiten an den Schnittstellen zu identifizieren
Strukturelles Testen (white box)	Es werden bestimmte Metriken bei der Implementierung des Artefakts im Gesamtablauf untersucht
Beschreibung	
Informationsbasiert	Hierbei wird die vorhandene Information (Forschungsergebnisse, Aussagen aus der Praxis) eingesetzt, um den Nutzen des Artefakts zu beschreiben
Szenario	Um den Nutzen des Artefakts zu beschreiben, werden entsprechende Szenarien zum Einsatz des Artefakts gebildet

Tabelle 5.2.: Evaluierungstechniken nach Hevner et al. (2004)

6. Prozessmetriken

Um Geschäftsprozesse mit mathematischen bzw. statistischen Methoden analysieren zu können, wurden im Rahmen dieser Arbeit Geschäftsprozessmodelle in Netzwerke überführt. So sind Modelle entstanden, welche einer quantitativen Analyse unterzogen werden können. Die Sicht auf die Prozesse als Netzwerke wurde bereits bei der Definition des Begriffs des Geschäftsprozessmanagements im Abschnitt 2.1 vorgestellt und geht auf Maurer (1996b) zurück. Bevor jedoch konkrete Metriken abgeleitet werden können, werden hier zunächst das Konzept der Messung sowie die Messtheorie kurz vorgestellt.

Sachverhalte, die nicht direkt mit menschlichen Sinnen wahrgenommen oder mit entsprechenden Instrumenten festgestellt werden können, müssen indirekt erfahrbar gemacht werden. Dafür werden die so genannten Indikatoren verwendet. Im Kontext der empirischen Forschung bedeutet ein Indikator ein direkt beobachtbares Phänomen, das durch bestimmte Korrespondenzregeln mit dem nicht direkt beobachtbaren Phänomen verbunden ist (Kromrey (2009, S. 85)). Dabei stellen die Korrespondenzregeln eine Entsprechung von theoretischer Ebene und der Beobachtungsebene her.

Quantitative Forschung verfolgt bei der Informationsgewinnung die Strategie der selektiven Erhebung vorab definierter Merkmale. Dabei ist Statistik eines der Werkzeuge der Informationsgewinnung, dessen Voraussetzung die Messbarkeit der betrachteten Merkmale darstellt. Quantifizierbarkeit wird hier daher nicht als die Angabe einer Maßeinheit für ein Merkmal verstanden, sondern als die Messbarkeit von Merkmalen eines Objektes (Kromrey (2009, S. 198)). Ein quantitatives Merkmal unterscheidet sich dabei von einem qualitativen Merkmal durch die mathematisch interpretierbaren Zahlenwerte und ihre Relationen.

Die Quantifizierung von Eigenschaften erlaubt eine Messung und Vergleich dieser Eigenschaften zwischen unterschiedlichen Akteuren. Die Messung ist ein Prozess, der bestimmten Objekten Werte zuweist und somit ihre Beschaffenheit mit Zahlen versieht. Dabei gehört eine Eigenschaft zu einer Entität, die ein Objekt oder Ereignis der realen Welt sein kann (Mendling (2009, S. 103)). Gemessen wird zu unterschiedlichen Zwecken. Im Kontext der Geschäftsprozesse und des Geschäftsprozessmanagements sind die Ziele häufig: Verständnis, Kontrolle und Verbesserung der betrieblichen Abläufe. Durch die Messung bzw. Auswertung der Messergebnisse können Strukturen sichtbar werden, die vorher nicht sichtbar waren. So können Objekte und ihre Beziehungen verdeutlicht und analysiert werden. Messungen erlauben zudem einen Vergleich der Beziehungen zwischen und der Eigenschaften von gemessenen Objekten. So können vereinbarte Ziele konkretisiert, objektiviert und ihre Erreichung kontrolliert werden. Messungen und ihre Auswertung spielen gerade im Kontext der Verbesserung der Unternehmensleistung (*business performance*) bzw. der Prozessabläufe eine wichtige Rolle. Die Disziplin des Business Performance Measurement und die entsprechenden Anwendungssysteme zur Beobach-

tung und Auswertung von Prozessdaten wie die Business Activity Monitoring (BAM)- und Business Intelligence (BI)- Werkzeuge finden immer mehr Einzug in die Unternehmen.

Geschäftsprozessmodelle wurden bisher als Visualisierungen der Prozessabläufe und somit als Quellen von qualitativen Daten betrachtet. In der Wissenschaft ist momentan eine Bewegung in Richtung Quantifizierung dieser Daten zu beobachten (siehe Arbeiten von z.B. Mendling (2009), van der Aalst and Weijters (2004), Taylor et al. (2009)). Dabei liegt der Schwerpunkt dieser Ansätze auf der Bewertung der Modellierung und der Modelle von Geschäftsprozessen. Dieses Kapitel hat zum Ziel die quantitativen Ansätze der Analyse von Geschäftsprozessmodellen vorzustellen, um daraus Erkenntnisse für die Quantifizierung von Prozesseigenschaften ableiten zu können. Zunächst werden also die Konzepte des Messens und die Vorarbeiten zu Bestimmung von Indikatoren (*Metriken*) in Geschäftsprozessmodellen vorgestellt. Anschließend werden Metriken zur Analyse der Informationsstrukturen des Prozesses vorgestellt und ihre Anwendung diskutiert.

6.1. Messtheorie

Das Konzept der Messung kann als eine Übertragung der empirischen Welt auf bestimmte mathematische Konzepte verstanden werden. Das Messen wird als die Zuweisung von „Ziffern zu Objekten entsprechend den Ausprägungen der an diesen Objekten betrachteten Merkmale“ definiert (Kromrey (2009, S. 202)). Das Messergebnis ist entsprechend eine strukturtreue, symbolische Abbildung der Ausprägungen des jeweiligen Merkmals. Die Messung folgt bestimmten Regeln, den Messvorschriften. Diese sind „Regeln, nach denen abstrakte gedankliche Konzepte an konkreten empirischen Objekten festgestellt werden“ (Kromrey (2009, S. 192)). Somit ist das Messen ein systematisches, nach bestimmten Regeln und Verfahren, Zuordnen von Zahlen und Symbolen zu Ausprägungen bzw. Merkmalswerten eines Objektes. Durch eine Messung findet eine strukturierte Abbildung eines empirischen relationalen Systems in ein numerisches relationales System statt Kromrey (2009, S. 218). Die Aufgabe der Messung und der entsprechenden Regeln ist es also, eine strukturierte Objektmenge so in eine „Menge von Symbolen bzw. Zahlen abzubilden, dass die Struktur der empirischen Objekte in der Menge der zugeordneten Zahlen erhalten bleibt.“ (Kromrey (2009, S. 198))

Eine Messgröße ist das Objekt oder die Eigenschaft, die gemessen wird. Die Übertragung der Eigenschaften erfolgt jedoch nicht willkürlich, sondern berücksichtigt die vorhandenen empirischen Beziehungen zwischen den Objekten, die auf die algebraischen Beziehungen übertragen werden (Wagner et al. (1998)). Dabei heißt eine Größe messbar, wenn sie definiert werden kann und quantifizierbar ist. Zudem müssen die Messergebnisse reproduzierbar sein.

Als allgemeine Ziele der Messung können zunächst drei Aspekte benannt werden (Kromrey (2009, S. 192ff)): Verständnis, Kontrolle und Verbesserung. Durch die Messung können Beziehungen und Strukturen aufgedeckt werden, die anderenfalls nicht wahrgenommen bzw. erklärt werden können. Die erhobenen Kennzahlen können untereinander in der Zeitentwicklung oder unter ähnlichen Objekten verglichen werden. Das Verstehen

führt also keine direkte Veränderung oder Aktion an der gemessenen Größe nach sich. Soll die Messung der Objekteigenschaften die Kontrolle von diesen unterstützen, folgt auf die Messung auch keine direkte Reaktion. Die erhobenen Messwerte können dazu dienen, z.B. im Kontext der Geschäftsprozesse Engpässe oder regelmäßige Abbruchstellen im Ablauf zu identifizieren. Die Messung, die eine Verbesserung der Messgröße zum Ziel hat, zieht eine unmittelbare Reaktion nach sich, da die erhobenen Charakteristiken des Objektes als Folge der Messung angepasst oder verändert werden sollen. Die Ergebnisse einer Messung werden in Maßzahlen (*measure*) ausgedrückt. Die Maßzahl ist eine quantitative Angabe, also eine Zahl, die das Ausmaß, die Dimension, Kapazität oder Größe eines Prozess- oder Produktattributes ausdrückt.

Eine *Metrik* ist eine Maßzahl für den Ausmaß in dem ein Prozess oder Produkt ein Attribut besitzt. Metriken sind (statistische) Auswertungen von bestimmten Datenpunkten. Der Begriff Metrik wird hier synonym mit dem Begriff der Kennzahl bzw. des Indikators, also als empirische Ausprägung einer theoretischen Größe, verwendet. Diese Begriffsanwendung impliziert, dass Objekte der realen Welt bzw. ihre Eigenschaften durch die Erhebung ihrer Messergebnisse vergleichbar sind. Die Operationalisierung, also die Messbarmachung einer Eigenschaft, wird hier als Erhebungsmethode verwendet. Die Merkmalsmesswerte, anhand derer die untersuchten Objekte unmittelbar verglichen oder ausgewertet werden können, werden hier als Daten bezeichnet (Kromrey (2009, S. 193)). Dieser Datenbegriff widerspricht nicht, sondern erweitert die Definition von Daten, die im Abschnitt 3.6 vorgestellt wurde. Die Daten müssen so erhoben werden, dass für jedes Untersuchungsobjekt die für die Analyse relevanten Merkmale durch die jeweiligen Ausprägungen abgebildet werden. Um objektive, d.h. nur von dem zu messenden Objekt abhängige Daten erheben zu können, muss das Erhebungsverfahren standardisiert werden. Die Standardisierung beinhaltet dabei gleiches Vorgehen bei Messiterationen in jeder Erhebungssituation (Kromrey (2009, S. 193)). Metriken sind, im Gegensatz zu Modellen, ausformulierte Formeln, die zahlreiche reine Datenmessungen in eine informative (statistische) Zusammenfassung überführen. Sie fassen also auf Beobachtung basierende Daten bezogen auf bestimmte Einheiten (Menschen, Unternehmen, etc.) zusammen. Metriken werden sowohl in der Praxis als auch in der Forschung zu unterschiedlichem Zweck verwendet. Dabei werden Metriken als erklärende Variablen in quantitativen Modellen oder um Größen und Prozesse zu beobachten, verbessern und Probleme zu diagnostizieren, eingesetzt. Valide Metriken sollen Informationen aus vielfachen Messungen und Beobachtungen zusammenfassen und ähnliche Phänomene erklären und vorhersagen können. (Henry and Kafura (1981))

Metriken geben Ergebnisse zahlreicher Messungen wider. Sie sind also an ein bestimmtes Konzept angelehnt. Das bedeutet, dass zunächst das empirische Konzept oder die zu untersuchenden Beziehungen zwischen den Messgrößen bzw. ihrer Umwelt identifiziert werden müssen. Danach können die Messungen und somit auch ihre Zusammenfassung zu Metriken statt finden. Dieses Vorgehen wird von Basili et al. (1994) unter dem Ziel-Frage-Metrik-Ansatz (*Goal- Question- Metric Approach*) zusammen gefasst. Daraus lässt sich ableiten, dass die Metriken auf ein spezifisches Problem ausgerichtet sind und zu seiner Lösung beitragen.

Die definierten Metriken, also Kennzahlen für bestimmte Objekteigenschaften, müssen

zudem validiert, d.h. in der Praxis angewendet werden, um ihre potenzielle Fähigkeit zur Aufnahme der Eigenschaft festzustellen. Die Validierung kann zum einen anhand bereits existierender Daten oder anhand der in einem Experiment erhobenen Daten durchgeführt werden. Anzumerken ist hier, dass ein Experiment eine bessere Kontrolle und Ergebnisreplikation liefern kann.

Die Messergebnisse müssen vor ihrer Interpretation einer kritischen Prüfung unterzogen werden. Dabei sind insbesondere die Bereiche Validität bzw. Gültigkeit (*validity*), Zuverlässigkeit (*reliability*) und Anwendungsfreundlichkeit (*computability, ease of implementation*) wichtig. Die Gültigkeit oder Validität der Messergebnisse bezieht sich auf die Rückschlüsse aus den Ergebnissen. Dabei sind ihre Genauigkeit, der Messaufbau sowie die Berücksichtigung der zu messenden Objekteigenschaften durch das Messverfahren wichtig. Hiermit wird also bestimmt, ob der Transfer der theoretischen Ebene (Konstrukte) auf den Beobachtungsbereich (Gegenstandsbereich) gelungen ist. Das Konzept der Gültigkeit ist abstrakt und daher nicht trivial zu quantifizieren. Der Schwerpunkt der Beurteilung der Gültigkeit von Ergebnissen liegt dabei auf der Ermittlung, ob ein systematischer Fehler die Messergebnisse beeinflusst haben könnte. (Mendling (2009, S. 107)) Die Gültigkeit von Messergebnissen kann in Konstrukt- und inhaltliche Validität unterteilt werden. Während die erste angibt, ob die Kennzahl tatsächlich das theoretische Konzept, das gemessen werden soll, repräsentiert, stellt die inhaltliche Validität sicher, dass die Metrik alle Aspekte des Konzeptes abdeckt (Kan (2002)).

Die Zuverlässigkeit gibt Auskunft über die Konsistenz der Messergebnisse bezogen zum einen auf die Objekte und zum anderen auf die Zeit der durchgeführten Messung. Die Zuverlässigkeit einer Messung bezieht sich auf die technische Seite der Ausführung einer Messung. Hiermit soll bestimmt werden, in welchem Maße die zur Messung verwendeten Instrumente fehlerfrei sind, d.h. den Messwert korrekt anzeigen (Kromrey (2009, S. 239)). Esser et al. (1977) definieren die Zuverlässigkeit als die „intertemporale, intersubjektive und interinstrumentelle Stabilität erhaltener Messerwerte“. Unter der intertemporalen Stabilität wird dabei die Tatsache verstanden, dass bei wiederholter Messung desselben Phänomens das Messinstrument die gleichen Ergebnisse liefert (Kromrey (2009, S. 240)). Die intersubjektive Stabilität der Messwerte soll gewährleisten, dass die gleichen Ergebnisse durch verschiedene Personen, die die gleichen Messinstrumente verwenden und dasselbe Phänomen messen, erhalten werden. Während die Gültigkeit einer Messung angibt, dass genau das gemessen wurde, was mit den verwendeten Begriffen gemeint ist, kann sie nie größer sein als die Zuverlässigkeit des verwendeten Messinstruments. Die Zuverlässigkeit ist also eine notwendige Bedingung für die Gültigkeit der Messwerte. Eine nicht zuverlässige Messung kann nicht gültig sein, wogegen eine ungültige Messung zuverlässig sein kann. Die Zuverlässigkeit im Kontext der Messverfahren bezieht sich auf den Determinismus und Korrektheit der Messalgorithmen. Die Anwendungsfreundlichkeit bezieht sich auf den praktischen Aspekt der Metrik. Diese soll in einer relativ kurzen Zeit zu berechnen und auszuwerten sein.

6.2. Forschungsansätze im Bereich der Metriken für Geschäftsprozessmodelle

Analyse von Geschäftsprozessen weist neben dem qualitativen und wissensbasierten auch quantitative Ansätze auf, die vor allem im Bereich der Leistungsbestimmung des Geschäftsprozesses eingesetzt werden (siehe dazu Abschnitt 2.4).

Quantifizierung der Eigenschaften von Geschäftsprozessmodellen hat noch keine große Verbreitung in der Forschung gefunden. Jedoch existieren in angrenzenden Bereichen wie der Softwareentwicklung bereits einige Arbeiten (siehe z.B. Melcher and Seese (2008), Gucegliogiu and Demirors (2005), Gruhn and Laue (2007), Fairchild (2002)), die die strukturellen und dynamischen Eigenschaften von ähnlichen Artefakten bestimmen. Insbesondere die Thematik der Bestimmung von Softwarequalität spielt sowohl in der Praxis als auch in der Forschung eine wichtige Rolle. Die dort ermittelten Metriken werden häufig für die Bewertung von Prozessmodellen übernommen.

Das Ziel dieses Kapitels ist es, Metriken zu entwickeln und vorzustellen, die das Verhalten bzw. die Eigenschaften eines Geschäftsprozesses widerspiegeln. Die aufgeführten Metriken geben somit Prozesseigenschaften wieder und ermöglichen eine Aussage über ihr Verhalten. Dabei stellt sich die Frage, wie diese Eigenschaften externalisiert und quantifiziert werden können.

Prozesse können unter unterschiedlichen Gesichtspunkten analysiert werden. Zum einen eignen sich grafische Prozessmodelle als Grundlage für die Beobachtungsanalyse (siehe Abschnitt 2.4). Mathematische Modelle oder Modelle mit einer ausgeprägten mathematischen Basis unterstützen quantitative Prozessanalyse unter den Aspekten: Validierung, Verifikation und Leistungsanalyse (*performance analysis*). Validierung im Kontext der Geschäftsprozesse ist das Überprüfen, ob der Geschäftsprozess sich im gegebenen Kontext wie erwartet verhält. Verifikation eines Prozessmodells bezieht sich auf die Ermittlung der Prozesskorrektheit. Leistungsanalyse evaluiert die Fähigkeit eines Prozesses die Anforderungen bezüglich der Zeit, Qualität und Kosten zu erfüllen. Dabei können zahlreiche verschiedene quantitative Faktoren einbezogen bzw. aufgenommen werden. (Vergidis et al. (2008))

Die Anwendung von Netzwerkmetriken auf Prozessmodelle ist zum einen aufgrund der Ähnlichkeit zwischen der grafischen, Petri-Netz- basierten Darstellung von Geschäftsprozessen und den sozialen Netzwerken, zum anderen wegen der Übersetzung der BPMN-Prozessmodelle in Netzwerke möglich. Durch die Interpretation der Prozessaktivitäten als Knoten und der Interaktionen zwischen den Aktivitäten als Kanten, entsteht ein Netzwerk worauf die entsprechenden Metriken angewendet werden können.

Im Abschnitt 4.4.2 wurde der Begriff des sozialen Kapitals eines Netzwerkakteurs eingeführt. Um dieses bestimmen zu können, wurden die entsprechenden Netzwerkmetriken beschrieben und ihre Interpretation bezüglich der Eigenschaften von Netzwerkakteuren erläutert. Dabei wurde das soziale Kapital als eine Ressource definiert, die aus dem Netzwerk entsteht und im Netzwerk zur Erleichterung der Ausführung von bestimmten Aktionen eingesetzt werden kann.

Im Kontext der Geschäftsprozesse wird das Konzept des *Informationskapitals* definiert

und vorgestellt. Dieses Konzept kann eingesetzt werden, um Aktivitäten, die Information als eine der Hauptressourcen für ihre Ausführung benutzen, zu klassifizieren. Das Informationskapital wird also analog zum sozialen Kapital als eine Ressource definiert, die aus dem Prozessnetzwerk entsteht und zur Erfüllung der Aktivitäten im Netzwerk benötigt wird, um das Prozessziel zu erreichen. Dabei stammt das Informationskapital nicht nur aus dem Netzwerk, sondern kann auch aus der relevanten Prozessumwelt einfließen (siehe Gleichung 3.4.3).

Im Gegensatz zu den oben vorgestellten Ansätzen, wird hier der quantitative Analyseansatz nicht zur Beurteilung von Prozessmodellen eingesetzt, sondern um Rückschlüsse aus der in den Modellen vorhandenen Information auf die Prozesse zu ziehen. Die Prozessmodelle werden also als Visualisierung von tatsächlichen Abläufen betrachtet und dienen somit als Grundlage für die Analyse der visualisierten Abläufe. Dabei wird von der grundlegenden semantischen Korrektheit der betrachteten Prozessmodelle ausgegangen.

In diesem Kapitel findet eine kurze Übersicht der aktuellen Forschungsansätze zu empirischen Grundalgen der Bewertung von Prozess*modellen* statt. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden im nachfolgen Abschnitt Metriken zur Analyse von Geschäfts*prozessen*, ausgehend von ihrer graphischen Darstellung vorgestellt[1].

6.2.1. Softwaredesignprinzipien und Geschäftsprozesse

Das Konzept der Prozessmetriken wurde von Cardoso (2006) eingeführt, um eine quantitative Grundlage für die Entwicklung, Design, Validierung und Analyse von Geschäftsprozessmodellen zu schaffen. Dieser Ansatz basiert auf der Arbeit von Cardoso (2005b), Vanderfeesten et al. (2007). Die Autoren finden Parallelen zwischen den Qualitätsmetriken in der Domäne der Softwareentwicklung und der Workflow-Domäne. Die Qualitätsmetriken wurden zunächst zur Untersuchung der Softwarequalität eingeführt. Dabei ist eine Qualitätsmetrik ein quantitatives Maß und Methode, die dazu verwendet werden können, den Wert einer Eigenschaft eines Softwareproduktes zu bestimmen (Cardoso (2006)). Der Ansatz diese Qualitätsmetriken zur Bestimmung der Qualität der Prozessmodelle anzuwenden erhielt anschließend die Bezeichnung der Business Process Quality Metrics (BPQM).

Viele der prozessbezogenen Metriken beziehen sich auf die s.g. externen Prozessattribute wie Komplexität bzw. Qualität von Geschäftsprozessen. Aufgrund der Vielfalt von existierenden Maßzahlen, müssen die passenden Metriken jeweils für den gegebenen Kontext ausgewählt werden. Basili et al. (1994) schlagen im Kontext der Softwarebewertung den Ziel-Frage-Metrik- Ansatz vor. Dieser kann auch für die Bewertung von Prozessen angewendet werden. Auf der ersten Ebene soll das Ziel der Messung so präzise wie möglich definiert werden. Auf der operationalen Ebene werden zunächst Fragen gesammelt, die zur Zielerreichung notwendig sind. Schließlich wird jeder Frage eine Metrik zugeordnet.

Vanderfeesten et al. (2007) greifen für die Ableitung der Metriken für die Geschäftsprozesse folgende Designprinzipien aus der Qualitätsbetrachtung in der Softwareentwicklung

[1] Die Übersicht basiert auf und erweitert die Literaturübersicht von Mendling (2009).

auf:

Verbundenheit (*coupling*): Eine Messgröße für die Verbindungsstärke zwischen zwei Modulen (einer Software);

Kohäsion (*cohesion*): Kohäsion misst die Beziehungen zwischen den Elementen innerhalb eines Moduls. Sie wird auch als Modulstärke bezeichnet;

Komplexität: Komplexität bezieht sich auf das Verständnis eines Produktes oder Programms; sie wächst mit der Anzahl an Kontrollkonstrukten und der Softwaregröße;

Modularität: Bezeichnet die Aufteilung einer Software in unterschiedliche Teilgruppen;

Größe: Eine Messgröße für den Umfang des Programms bzw. der erstellten Software.

Die Softwaremetriken können für die Analyse von Geschäftsprozessen, insbesondere für die Analyse von Workflows[2], wegen der Ähnlichkeit der beiden Gebiete angewendet werden. Die Ähnlichkeiten bestehen dabei bei folgenden Aspekten:

- Sowohl Workflowprozesse als auch Softwareprogramme legen den Schwerpunkt bei ihrer Konzeption und Strukturierung auf die Informationsverarbeitung;
- Sowohl Software als auch Workflows sind strukturiert und bestehen aus mehreren zusammenhängenden Komponenten;
- Die dynamische Ausführung orientiert sich an einer statischen Struktur; Die Ausführung enthält dabei parallele und konditionierte Abläufe.

Basierend auf diesen Ähnlichkeiten (Conte et al. (1986), Troy and Zweben (1981)) zwischen den Softwareprogrammen und Workflowprozessen, wurden bereits einige Ansätze zur Analyse und Evaluation von Geschäftsprozessmodellen entwickelt. Im Folgenden werden nun Entwicklungsansätze für Metriken für die Bewertung von Geschäftsprozessmodellen vorgestellt, die auf den Softwaredesignprinzipien von Vanderfeesten et al. (2007) basieren.

6.2.2. Metriken im Kontext der Geschäftsprozessmodelle

Die Messgröße *Coupling*, also die Messgröße der Verbundenheit bzw. Kopplung in einem Netzwerk, gibt die Anzahl der Verbindungen unter den Modulen eines Modells bzw. einer Software an. Die Kopplung einer Aktivität wird nach Cardoso (2006) mithilfe der Anzahl der Aktivitäten, die mit der betrachteten Aktivität in Verbindung stehen, berechnet. Für ein Prozessmodell wird die Kopplung als die Anzahl der Beziehungen, als Kontrollfluss dargestellt, zwischen allen vorhandenen Aktivitäten bestimmt. Das Ausmaß der Kopplung hängt zudem von der Komplexität der Verbindung, also vom Typ der Verbindungen (AND, OR bzw. XOR) ab. Der Kopplungswert gibt an, wie *wichtig* eine Aktivität im Geschäftsprozessmodell ist. Ein hoher Wert zeigt auch eine hohe funktionelle Bedeutung der

[2]Zur Definition von Workflows siehe Abschnitt 2.2.2.

Aktivität an. Das bedeutet, dass ihr Fehlverhalten den gesamten Prozess gefährden kann. Aus diesem Grund, müssen solche Aktivitäten innerhalb des Modells vermieden oder besonders beobachtet werden (Khlif et al. (2010)). Ein Prozessmodell, das über einen hohen Wert der Verbundenheitsmetrik verfügt, zeigt, dass die einzelnen Aktivitäten über den Informationsaustausch sehr stark von einander abhängen. Ein solcher Prozess wird von Khlif et al. (2010) als ein gefährdeter Prozess betrachtet, da er nur schwierig zu verwalten ist.

Eine datenorientierte Verbundenheitsmetrik in einem Geschäftsprozessmodell kann wie folgt definiert werden: Zwei Aktivitäten in einem Geschäftsprozess werden als gekoppelt betrachtet, wenn sie über mindestens ein gemeinsames Datenelement verfügen (Vanderfeesten et al. (2007)). Khlif et al. (2010) passen die Verbundenheitsmetriken aus der Softwareentwicklung auf die Geschäftsprozessdomäne an und definieren zwei Typen dieser Metrik:

Imported Coupling of a Process (ICP): dieser Typ gibt die Anzahl der gesendeten Nachrichten oder ausgehenden Verbindungen, die von einer Aktivität oder (Sub-) Prozess ausgehen, an;

Exported Coupling of a Process (ECP): dieser Typ der Kopplung berechnet die Anzahl der ankommenden Nachrichten oder Kontrollflüsse in eine Aktivität bzw. (Sub-) Prozess.

Die Verbundenheit kann also auf mehreren Ebenen gemessen werden: zwischen Prozessen, zwischen Prozessaktivitäten, zwischen Aktivitäten und Prozess (z.B. bei nicht ausspezifizierten, also *collapsed*, *pools* in BPMN). Khlif et al. (2010) identifizieren zudem weitere zusätzliche Beziehungen zwischen Prozesselementen, deren Stärke durch die Verbundenheitsmetrik gemessen werden kann: zwischen einem Ereignis und einem Prozess bzw. Aktivität sowie zwischen Daten und einem Prozess bzw. Aktivität. So können die Abhängigkeiten innerhalb eines Prozesses bezüglich der Daten- und Kontrollstrukturen analysiert werden. Khlif et al. (2010) betrachten dabei wie Cardoso (2006) nicht die Informationsflüsse und –Objekte im Prozess, sondern Datenflüsse.

Eine ähnliche Größe findet sich auch in der Netzwerkanalyse: der *Degree* misst die Verbundenheit eines Knotens mit anderen Knoten im Netzwerk. Die Dichte-Metrik gibt ihrerseits Auskunft über die Verbundenheit im Netzwerk. Sie beschreibt das Verhältnis zwischen den bestehenden und den maximal möglichen Verbindungen zwischen den Knoten in einem Netzwerk.

Durch die Betrachtung der *Kohäsion* von verschiedenen Operationen oder Prozesselementen kann eine Aussage darüber getroffen werden, wie sehr diese Elemente von einander abhängen bzw. mit einander (im inhaltlichen Sinn bzw. bezogen auf den Informationsaustausch) verbunden sind. Die Kohäsion legt dabei den Fokus hauptsächlich auf die Operationen, während die Verbundenheit (*coupling*) auf die Zusammengehörigkeit der Aktivitäten (also Mengen von Operationen) angewandt wird. Diese Metrik greift eines der Prinzipien der Softwareentwicklung auf: durch eine starke Kohäsion und eine lose Kopplung soll eine bessere Qualität und Wartbarkeit von Softwareprogrammen erreicht werden (Reijers and Vanderfeesten (2004)).

Die *Komplexität* misst die Verständlichkeit von einem Design oder Modell. Gerade zu dieser Metrik wurden bereits zahlreiche Ansätze entwickelt. Die McCabe- Komplexitätsmetrik aus der Softwareentwicklung dient als Ausgangspunkt für viele dieser Ansätze. Cardoso (2005b) erweitert diese Metrik auf Prozessmodelle und bezieht die Komplexität direkt auf den Kontrollfluss. Zudem identifizieren Cardoso et al. (2006) drei Arten von Komplexität in Geschäftsprozessen: Berechnungskomplexität (*computational complexity*), psychologische Komplexität (*psychological complexity*) und Darstellungskomplexität (*representational complexity*). Cardoso (2006) bezieht die *coupling*-Metrik zur Beurteilung der Komplexität von Prozessen mit ein. Je größer der Wert der Verbundenheit, desto schwieriger ist es, diese Prozesse zu verstehen, zu ändern und zu korrigieren. Entsprechend resultieren diese Prozesse in einem komplexen Prozessmodell.

Die Größe (*size*) im Kontext der Bewertung von Geschäftsprozessmodellen misst den Umfang des Modells. Den Anhaltspunkt dafür liefert eine Kenngröße aus der Softwareentwicklung: die Anzahl der Lines of Code (LOC), wobei hier die LOC durch die Prozessaktivitäten ersetzt werden. Die Anzahl der Aktivitäten wird ebenfalls von zahlreichen Forschern zur Bestimmung der Modellgröße vorgeschlagen (siehe z.B. Cardoso et al. (2006), Gruhn and Laue (2007), Latva-Koivisto (2001)).

6.2.3. Übersicht der Forschungsansätze zur Quantifizierung von Prozessmetriken

Die ersten Ansätze zur Quantifizierung von Eigenschaften der Prozessmodelle basierten auf den Petri- Netz- Modellen. Durch ihren ausgeprägten Formalismus und mathematische Fundierung, bietet sich diese Modellierungsmethode für die quantitative Analyse an. Die Petri-Netze können als Grundlage für die nachfolgenden Prozessmodellierungsmethoden angesehen werden. Lee and Yoon (1992) definierten als eine der ersten Forschergruppen Metriken für Prozessmodelle und führten ihre empirische Validierung durch. Dabei identifizierten sie zwei Hauptklassen der Metriken: strukturelle und dynamische. Die erste Metrikklasse bezieht sich auf die Anzahl der Plätze, Kanten und Übergänge in einem Kontrollgraphen. Dynamische Metriken beinhalten die Anzahl der Markierungen sowie die durchschnittliche und maximale Zahl der Token im Ursprungs- und reduzierten Raum. Anhand der Auswertung von 75 Diagrammen haben die Autoren die Anwendung der zyklomatischen Komplexität von McCabe (1976) als eine ausreichende *Komplexität*skennzahl verworfen.

Morasca (1999) schlägt eine Metrikmenge für Petri-Netze vor, die Größe, Länge, strukturelle Komplexität und Kopplung als wesentliche Eigenschaften von Petri-Netzen umfasst. Die Größe wird dabei als die Anzahl von Plätzen und Transitionen berechnet, die Länge ist die maximale minimale Distanz, d.h. der Durchmesser, die strukturelle Komplexität ist die Anzahl der Basiswege und die Kopplung setzt sich aus unterschiedlichen Verhältnissen von Kanten und Transitionen zusammen. Der Beitrag von Morasca (1999) ist theoretischer Natur und beinhaltet keine empirische Auswertung.

Nissen (1994) definiert in seiner Arbeit ebenfalls Metriken für die Geschäftsprozessentwicklung und –Modellierung. Dabei werden die Parallelität der Entwicklung, Anteil der automatisch auszuführender Prozessschritte und Kommunikationsaktivitäten, Anzahl der

Prozessvarianten, etc. berücksichtigt.

Tjaden et al. (1996) schlagen drei strukturell effektive Metriken vor: Komplexität, Integration und Dynamik. Diese dienen dazu, strukturelle Charakteristiken von Unternehmen im starken Informationskontext zu quantifizieren. Diese Charakteristiken umfassen: Einfachheit (*simplicity*), Integration (*integration*), selbständiges Lernen (*self-learning*), Agilität (*agility*) und Robustheit (*robustness*). Die drei oben genannten Metriken sind abstrakt definiert und fassen zahlreiche unterschiedliche und unabhängige Variablen zusammen.

Kueng and Kawalek (1997) schlagen eine Bewertung von nicht-funktionalen Zielen eines Geschäftsprozesses vor, indem sie die Prozesskonfiguration und Entwicklungsvorgaben wie z.B. Aktivitätenautomatisierung heranziehen.

Latva-Koivisto (2001) schlägt Komplexitätsmetriken für Geschäftsprozessmodelle vor. Diese beinhalten unter anderem den Koeffizienten der Netzwerkverbundenheit und die zyklomatische Kennzahl. Konzepte zur Bewertung der Verbundenheit und Kohäsionen von Modellen wurden im Rahmen des Softwareengineerings entwickelt. Daneva et al. (1996) schlagen Komplexitätsmertriken vor, die auf den Modellelementen basieren und die die Autoren an elf EPKs validieren. Die Metriken beinhalten: funktionale, ereignis- und konnektorbasierte Kohäsion. Diese sollen bei der Identifikation von fehleranfälligen Modellfragmenten behilflich sein.

Reijers and Vanderfeesten (2004) entwickelten Metriken, die die Entwicklung von Workflow-Prozessen unterstützen sollen. Die Kopplung einer Aktivität wird mittels des Verhältnisses zwischen der Beziehungs- (*relation*) und Informationskohäsion (*activity information cohesion*) berechnet. Diese bezeichnet den Zusammenhang von Informationselementen in einem Workflowprozess. Als ein Informationselement wird die kleinste sinnvoll aufteilbare Informationseinheit, die verarbeitet werden kann, verstanden. Die Beziehungskorrelation quantifiziert wie sehr die Operationen in einer Aktivität verbunden sind. Die Informationskohäsion setzt die Anzahl der Informationsobjekte, die von einer Aktivität mehr als einmal benutzt wurden, in Verhältnis zur Gesamtanzahl von genutzten Informationsobjekten.

Cardoso (2005b, 2006) beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Komplexitätsmetrik für Geschäftsprozessmodelle, der s.g. *control flow-complexity*. Die Metrik basiert auf der Anzahl der Split-Konnektoren und der Gewichtung ihrer möglichen Outputs.

Canfora et al. (2005) stellen Metriken zur Beurteilung und Vorhersage bezüglich der Unterhaltung (*maintainability*) von Prozessmodellen vor. Dabei beinhaltet die Unterhaltung eines Models seine Analysierbarkeit bezogen auf Fehler oder Unterschiede, Verständnis im Sinne der Wahrscheinlichkeit der Erfassung des Modellinhaltes und Modifizierbarkeit als die Wahrscheinlichkeit die Struktur eines Modells korrekt verändern zu können. Diese Metriken basieren auf den strukturellen Eigenschaften eines Modells wie Größe, Komplexität und Kopplung. Die Größe wird anhand der Anzahl von Aktivitäten, Rollen, etc. sowie dem Verhältnis zwischen Rollen und Aktivitäten bestimmt. Die Indizes für die Komplexität sind die Anzahl der Verbindungen von Zwischenprodukten des Prozesses und den Aktivitäten sowie Verknüpfungen zwischen den Input- und Output-Verbindungen von (Zwischen-) Produkten mit Aktivitäten und der Gesamtanzahl an Verbindungen. Verbundenheit wird anhand der vorhergehenden Verbindungen zwischen

Aktivitäten und verbundenen Aktivitäten bestimmt. Die Autoren haben dabei eine Korrelation zwischen diesen Metriken und der Unterhaltung des Prozessmodells bestimmten können.

Balasubramanian and Gupta (2005) schlagen, basierend auf den Arbeiten von Tjaden et al. (1996), Nissen (1998), strukturelle Prozessmetriken für die zielorientierte Prozessanalyse vor, die für den Praktiker einfach zu erheben und auszuwerten sind. Die Bewertung und Verbesserung der Prozessleistung steht bei dieser Analyse im Vordergrund. Die Metriken umfassen den Aspekt der Automatisierung von Geschäftsprozessaktivitäten und berücksichtigen sowohl die Stakeholder als auch die Rollenstruktur des Prozesses. Allerdings basieren die vorgeschlagenen Kennzahlen auf einem tief gehenden Wissen über den betrachteten Prozess. Die entsprechenden Informationen sind in einem Prozessmodell nur schwer darzustellen und gründen in umfangreichen Interviews mit Prozessverantwortlichen.

Auch kognitive Aspekte spielen bei der Beurteilung des Designs einer Software bzw. eines Prozessmodells, das mithilfe einer Software umgesetzt werden soll, eine wichtige Rolle. So wurden auch auf diesem Gebiet einige Metriken vorgeschlagen (Mendling (2009, S. 116)). Gruhn and Laue (2007) wenden die kognitive Gewichtung auf die Geschäftsprozessmodelle an. Vanderfeesten et al. (2007) stellen einen Ansatz vor, der die so genannte *cross-connectivity metric* definiert. Das Ziel ist es, die Schwierigkeit beim Verständnis eines Prozessmodells zu bewerten. Etien and Rolland (2005) messen die Anpassung des Prozessmodells mit den tatsächlichen Abläufen. van der Aalst and Lassen (2005) betrachten die strukturellen Eigenschaften von Modellen, um diese in BPEL überführen zu können. Anhand dieser Komponenten können die Modeleigenschaften auch quantitativ beschrieben werden.

Der *Prozess Mining*-Ansatz von van der Aalst and Weijters (2004) verwendet die Algorithmen des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz, um die Daten aus den Logs der Prozessunterstützungssysteme auszuwerten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dienen dazu, die Prozesse zu verbessern und die Abweichungen der Modelle von der Realität bzw. der tatsächlichen Ausführung vom Prozessmodell nachzuvollziehen und entsprechend anzupassen. Durch die Anwendung der Algorithmen können auch Erkenntnisse bezüglich der Entscheidungswege in einem Prozess (Rozinat and van der Aalst (2006)) bzw. der Organisationsstrukturen (Song and van der Aalst (2008)) gewonnen werden. Der *Prozess Mining*- Ansatz unterstützt quantitative Prozessanalyse im Bereich der *Validierung* (siehe Abschnitt 2.4).

Mendling et al. (2006, 2007) untersuchen die Fehlerhaftigkeit bzw. die Fehleranfälligkeit von in der EPK-Notation verfassten Prozessmodellen. Ihre Metriken erlauben es, fehlerhafte Prozessabläufe vorherzusagen. Dabei wird der Zusammenhang zwischen den formalen Fehlern sowie den strukturellen und verhaltensbezogenen Prozessmetriken analysiert. Die Korrelation zwischen den Metriken und Prozessfehlern wird untersucht. Diese Metriken werden im Weiteren genauer erläutert.

Aus diesem Überblick wird die Entwicklung der Ansätze zur quantitativen Analyse von Geschäftsprozessen deutlich. Diese wurde hauptsächlich von der Softwareentwicklung beeinflusst. Während die strukturellen Eigenschaften der Prozesse immer noch eine große Rolle bei dieser Analyse spielen, werden auch zunehmend kognitive Aspekte sowie

Rollen- und Organisationsstruktur bei der Analyse von Geschäftsprozessmodellen mit einbezogen.

6.2.4. Metriken für Geschäftsprozessmodelle

Hier werden zunächst die von Mendling (2009, S. 16ff) vorgestellten Prozessmodellmetriken beschrieben. Mendling (2009) definiert folgende Metriken für Geschäftsprozessmodelle, die zum Teil auf dem Ansatz der Sozialen Netzwerkanalyse basieren:

- Größe (*size*),
- Dichte (*density*),
- Teilbarkeit (*partitionability*),
- Zusammenspiel der Konnektoren (*connector interplay*),
- Zyklizität (*cyclicity*) und
- Nebenläufigkeit (*concurrency*).

Die Modellgröße wird als ein Maß zur Beurteilung von Verständlichkeit des Prozesses angewandt. Diese wird zum einen über die Anzahl der Knoten des Prozessmodells und zum anderen aus dem Wert des Durchmessers des Prozessgraphen bestimmt. Schwickert and Fischer (1996) messen den Prozessumfang anhand der Anzahl der Teilprozesse. Diese kann jedoch selten eindeutig festgelegt werden.

Als Dichte (*density*) bezeichnet Mendling (2009, S. 16) jede Metrik, die die Beziehung zwischen der Anzahl der Knoten und der Anzahl der Kanten, beschreibt. Zur Beschreibung von Prozessmodellen werden der Koeffizient der Netzwerkkonnektivität (*coefficient of network connectivity*), durchschnittlicher Konnektorgrad (*average connector degree*) und Maximum-Degree berücksichtigt. Die Dichte eines Graphen G wird als der Quotient der Kantenzahl (L) und der maximal-möglichen Kantenzahl (n-1) unter der Berücksichtigung der Knotenzahl (n) berechnet (siehe auch Abschnitt 4.4.1):

$$Dichte\,(G) = \frac{L}{n(n-1)} \tag{6.2.1}$$

Der Verbindungskoeffizient (*coefficient of network connectivity*) gibt das Verhältnis zwischen den Kanten und Knoten an:

$$CNC\,(G) = \frac{L}{N} \tag{6.2.2}$$

Der durchschnittliche *Konnektordegree* gibt die Anzahl der Knoten an, zu welchen ein Konnektor im Schnitt verbunden ist. Eine weitere Metrik der Dichte ist der maximale Degree, der die maximale Anzahl der eingehenden und ausgehenden Kanten, eines Konnektors angibt. Diese Metrik wird auch dafür verwendet, den Informationsfluss zwischen Softwaremodulen zu untersuchen (Henry and Kafura (1981)).

Die Teilbarkeit (*partitionability*) betrachtet die Subkomponenten des Modells. Diese Metrik wird weiter in Trennbarkeit (*separability*) und Aufeinanderfolge (*sequentiality*) unterteilt, die zur Beurteilung der Isolation bestimmter Modellteile angewandt werden. Strukturiertheit (*structuredness*) quantifiziert die Komposition der Komponenten und die Tiefe (*depth*) zeigt an, wie weit ein Knoten vom Start- oder Endereignis entfernt ist (Mendling (2009, S. 122)). Die Trennbarkeit ist eng mit dem Ansatz des *cut point* in der Sozialen Netzwerkanalyse verbunden. Die Aufeinanderfolge bezieht sich auf die sequenziellen Prozessaktivitäten und gibt das Verhältnis zwischen den Kanten einer Sequenz und der Gesamtzahl von Kanten im Modell an. Die Strukturiertheit beschreibt die Zusammensetzung eines Modells mit Hilfe von Strukturblöcken, d.h. Modellteilen, die sich je aus einem *split* und einem *joint* zusammen setzen.

Die Metriken zum Zusammenspiel der Konnektoren beschreiben Heterogenität und den strukturellen Aufbau der Konnektoren sowie die Komplexität des Kontrollflusses. Die Komplexität des Kontrollflusses misst wie schwierig es ist, alle potenziellen Zustände bzw. Kontrollflüsse des Modells nach dem Split zu betrachten. (Mendling (2009, S. 126-127))

Die Zyklizität (*cyclicity*) misst den Anteil von Knoten in einer Schleife, verglichen mit der Knotenzahl im gesamten Modell (Mendling (2009, S. 128)). Die Nebenläufigkeit (*concurrency*) (Mendling (2009, S. 129-131)) beschreibt die Anzahl der parallel ablaufenden Kontrollflüsse, die gleichzeitig kontrolliert werden müssen.

Hier soll eine weitere Prozesseigenschaft vorgestellt werden. *Flexibilität* ist ein Konzept, das im Bereich des Geschäftsprozessmanagements zunehmend Beachtung findet. Seine Quantifizierbarkeit, gerade im Kontext der Geschäftsprozesse, variiert jedoch abhängig von dem jeweiligen Betrachtungswinkel (Sethi and Sethi (1990)). Allgemein definieren Sethi and Sethi (1990) Flexibilität eines Systems als seine Anpassungsfähigkeit an ein breites Spektrum von möglichen Umwelten (siehe auch Abschnitt 2.1.1). Mandelbaum (1978) unterscheidet zwischen der Aktions- und Zustandsflexibilität. Die erste ist die Fähigkeit eine neue Tätigkeit auszuführen, um einem neuen Umstand zu entsprechen; die zweite Flexibilitätsart ist die Fähigkeit weiterhin trotz Veränderungen in der Umwelt effektiv funktionieren zu können. Sethi and Sethi (1990) definieren im Kontext der Produktion unter anderem die Prozessflexibilität. Die Prozessflexibilität wird dabei als die Fähigkeit eines Produktionssystems ohne Umrüstung mehrere Typen von Einheiten produzieren zu können. Die Metrik umfasst daher die Menge der Einheiten und ihrer unterschiedlichen Typen, die auf dem betrachteten System ohne wesentliche Umrüstung produziert werden kann. Die Flexibilität im Produktionsumfeld wird auf unterschiedlichen Ebenen betrachtet. So bezieht sich die Operationsflexibilität auf ein anzufertigendes Teil, das mittels Durchlaufen alternativer Prozesspfade hergestellt werden kann (Sethi and Sethi (1990)). Die allgemeine Definition der Geschäftsprozessflexibilität greift die Definition der Zustandsflexibilität von Mandelbaum (1978) auf und erweitert sie auf die Prozesselemente. So definieren Bider (2005), Soffer (2005), Schmidt (2005) die Flexibilität eines Geschäftsprozesses als die Fähigkeit Veränderungen in einem Prozesstyp und seinen Instanzen so zu implementieren, dass nur die Prozesselemente verändert werden, die einer Veränderung bedürfen, die anderen jedoch stabil gehalten werden.

Basierend auf der Arbeit von Mendling (2009) sind zudem weitere Ansätze zur Analyse von Fehlern in Prozessmodellen entstanden. So entwickelten z.B. Tonbul and Misra (2009) die Metrik der Fehlerdichte eines Prozessmodells zur Beurteilung der Übereinstimmung der Eigenschaften von Prozessmodellen und den unterstützenden Anwendungssystemen. Diese Metriken wurden um weitere Aspekte ergänzt und auf andere Prozessnotationen ausgeweitet (siehe z.B. Khlif et al. (2009, 2010)).

6.3. Informationsmetriken in der Softwareentwicklung

Die erste quantitative Definition der Information wurde im Kontext der Nachrichtentechnik von Hartley (1928) eingeführt und von Shannon (1948) erweitert. Die Anforderungen an eine fehlerfreie Nachrichtenübertragung haben zu einem Maß des mittleren Informationsgehalts einer Informationsquelle geführt. Nachrichten werden bei diesem Ansatz als eine Reihe von Zeichen eines endlichen Zeichenvorrates, des s. g. Alphabets, welchen eine bestimmte Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden kann, betrachtet. Im Kontext der textbasierten Nachrichtenübermittlung hängt die Wahrscheinlichkeit eines Zeichens von seinem Vorgängerzeichen ab. Einem Symbol i kann also eine Auftrittswahrscheinlichkeit p_i zugeordnet werden. Basierend auf diesen Überlegungen wurde das quantitative Maß für den (mittleren) Informationsgehalt bzw. Informationsdichte wie folgt von Shannon (1948) definiert:

$$H = \sum_{i=1}^{n} p_i log_2(p_i) \tag{6.3.1}$$

Die Größe H wird als Entropie bezeichnet (siehe auch Abschnitt 4.4.1). Die Struktur der Entropie lässt sich als der „Überraschungswert“ einer Informationsquelle für einen Empfänger deuten, d.h. je unwahrscheinlicher das Auftreten eines Zeichens, umso größer ist sein Informationsgehalt (Engelmann and Großmann (2008)).

Metriken, die auf der Informationstheorie basieren, werden ebenfalls zur Analyse und Bewertung von Software angewendet. Hierfür wird häufig das Konzept der Entropie aufgeführt. Dieser Ansatz wird insbesondere zur Analyse von Softwarestrukturen angewendet. Der Informations- oder Kontrollfluss zwischen Softwarekomponenten wird durch die Metrik der Systemverbundenheit ausgedrückt. Durch die Anwendung dieser Metrik werden die Verbindungen zwischen Systemen und Systemkomponenten aufgedeckt. Die Metrik basiert auf den „*calls*“, also Aufrufen der jeweiligen Komponenten. Der Informationsfluss zwischen Softwaremodulen A und B ist dann vorhanden, wenn (Henry and Kafura (1981)):

1. Modul A Modul B aufruft,
2. Modul B Modul A aufruft und Modul A ein Wert an Modul B zurück gibt, den Modul B anschließend anwendet, oder
3. Modul C ruft sowohl Modul A als auch Modul B auf und leitet das Ergebnis von Modul A an das Modul B weiter.

Ein direkter lokaler Informationsfluss zwischen den Modulen A und B ist nach dieser Definition bei der Bedingung 2 vorhanden. Der Begriff des Informationsflusses kann auch verwendet werden, um die Komplexität eines Softwareprogramms zu messen. Dafür können die Fan-in und Fan-out Metriken definiert werden. Diese beziehen sich nicht nur auf Softwaremodule, sondern auch auf individuelle Prozeduren. Fan-in einer Prozedur A ist die Anzahl der lokalen, ankommenden Flüsse plus die Zahl der von A einbezogenen Datenelemente. Fan-out einer Prozedur A ist die Anzahl der lokalen, ausgehenden Flüsse plus die Anzahl der Datenelemente, die durch A verändert werden (Henry and Kafura (1981)). Der gesamte Informationsfluss einer Prozedur kann also als die Summe ihrer Fan-in und Fan-out Werte berechnet werden.

6.4. Metriken der Prozesseigenschaften

Hier sollen die Metriken aus den Abschnitten 4.4.1 und 4.4.2 sowie Kennzahlen, die im Abschnitt 7 hergeleitet werden, aufgegriffen und auf ihre Anwendung in Prozessnetzwerken bezogen bzw. zusammengefasst werden. Zuerst werden die Metriken, die die Charakteristiken des gesamten Netzwerks wie die Größe und Stabilität widergeben, beschrieben. Anschließend werden die Metriken, die die Rollen der einzelnen Aktivitäten widerspiegeln, vorgestellt. Auf die Definition bzw. die Diskussion der Metriken geht der Abschnitt 7 näher ein[3].

6.4.1. Strukturmetriken

Hier werden zunächst die allgemeinen Metriken eines Netzwerks, die seine Struktur beschreiben, vorgestellt und in den Kontext des Geschäftsprozessmanagements gestellt. Anschließend werden Metriken der Informationsflüsse im Prozess ausgearbeitet, die im Abschnitt 7 präzisiert werden.

6.4.1.1. Größe

Die Systemgröße spielt bei der Betrachtung der Softwarequalität sowie der Verständlichkeit und Fehleranfälligkeit von Prozessmodellen eine wichtige Rolle (Mendling (2009)). Hier wird die Netzwerkgröße lediglich zur groben Einteilung von Prozessmodellen betrachtet (siehe Tabelle 6.1). Der Durchmesser des Prozessnetzwerks (*diam*) wird hier als eine Vergleichsgröße zwischen den Netzwerken verwendet (siehe Tabelle 6.2).

[3] Die Darstellungsform der Metrikbeschreibung basiert zum Teil auf der Arbeit von Mendling (2009, S. 16 bzw. 118).

Symbol	Größe (S)
Definition	Anzahl der Aktivitäten, d.h. Knoten im Netzwerk
Aritm. Ausdruck/Metrik	S= $\sum_{i=1}^{n} i$, n = Anzahl Knoten
Aussage	Die Anzahl der Knoten im Netzwerk hat einen Einfluss auf die Kommunikation im Netzwerk.
Annahme	Die Größe des Netzwerks beeinflusst nicht a priori die Informationsstrukturen im Netzwerk.
Themenbezogene Arbeiten	Netzwerk (Balasubramanian and Gupta (2005), Cardoso (2006), Canfora et al. (2005), Fenton and Pfleeger (1997), Kan (2002), Zuse (1991))

Tabelle 6.1.: Größe eines Netzwerks

Bei der Betrachtung der Netzwerkgröße wird die Annahme gemacht, dass diese die Verbreitung der Informationen im Netzwerk nicht a priori beeinflusst, sondern lediglich die, je nach dem Prozesstyp vorhandenen, Eigenschaften verdeutlicht. Die Anzahl der Knoten im Modell kann jedoch nicht ausschließlich zum Vergleich von zwei Netzwerken dienen. Aus diesem Grund wird eine Metrik für den Größenvergleich herangezogen, die die Netzwerkstruktur aufgreift. Der Durchmesser (*diam*) des Netzwerks gibt den längsten kürzesten Pfad im Netzwerk wider und wird hier als Vergleichsmetrik der Netzwerkgröße verwendet.

Symbol	*diam*
Definition	Der längste kürzeste Pfad (*geodesic*) zwischen zwei Netzwerkknoten
Aritm. Ausdruck/Metrik	Diameter=max(d(i, j)), mit d(i, j) geodetische Distanz zwischen den Knoten i, j
Aussage	In einem bezüglich des Durchmessers größeren Netzwerk können die Knoten weniger effizient miteinander kommunizieren als in einem kleineren Netzwerk.
Aussageneinschränkungen	Es gibt Netzwerke mit einem großen Durchmesser, die trotzdem eine effiziente Kommunikation erlauben, z.B. in verteilten Prozessen.
Annahme	Die Erhöhung des Durchmessers führt zu einer schlechteren Informationsübermittlung im Netzwerk.
Wertebereich/Bedeutung	Diam ϵ {1,. . . ,n-1}, n= Anzahl der Knoten; *diam* $=\infty$, wenn der Graph nicht verbunden ist
Themenbezogene Arbeiten	Mendling (2007), Nissen (1998), Morasca (1999)

Tabelle 6.2.: Durchmesser eines Netzwerks

6.4.1.2. Stabilität

Hier werden Metriken betrachtet, die die Stabilität eines Prozessnetzwerks wiedergeben. Das sind: *Dichte* (siehe Tabelle 6.3), *avg. path length* und *avg. connectivity*[4].

Zur Stabilität eines Graphen G kann angemerkt werden, dass je kleiner die Anzahl der durchschnittlichen direkten Verbindungen der Akteure innerhalb des Graphen und je niedriger die Dichte des Graphen sind, desto *unstabiler* ist der Graph. Je zahlreicher und je kürzer jedoch die Pfade zwischen den Akteurenpaaren sind, desto *robuster* ist der Graph gegenüber der Blockierung einzelner Akteure.

[4]siehe unten bzw. die Abschnitte 4.3 und 7 zur Begriffsdefinition.

Symbol	Dichte Δ
Definition	Die Dichte wird als der Quotient der tatsächlichen Kantenzahl (L) und der maximal möglichen Kantenzahl im Netzwerk (G) berechnet.
Aritm. Ausdruck	$\Delta(G) = \frac{L}{n(n-1)}$, n= Anzahl der Knoten
Aussage	Ein bezüglich der Dichte kleineres Netzwerk ist unstabiler bezogen auf die Entfernung oder Blockierung von wenigen Knoten.
Wertebereich	0 = keine Verbindungen; 1= alle potenziellen Verbindungen vorhanden
Themenbezogene Arbeiten	Mendling (2007), Reijers and Vanderfeesten (2004)

Tabelle 6.3.: Dichte eines Netzwerks

Prozessnetzwerke mit einer kleinen Dichte werden als unstabil betrachtet, da nur wenige Knoten entfernt werden müssen, bevor das Netzwerk zerfällt. Das bedeutet, dass das Prozessziel lediglich von einigen wenigen Prozessaktivitäten abhängt.

Symbol	*avg. path length* (PL)
Definition	Durchschnittliche Anzahl der Verbindungen auf dem kürzesten Pfad d(n_i,n_j) für alle möglichen Knotenpaare (Wassermann, S.107).
Aritm. Ausdruck	$l=\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i,j} d(n_i, n_j)$
Aussage	Bietet Hinweise auf die Effizienz des Informationstransports. Je kleiner die PL-Werte, desto höher die Informationseffizienz.
Themenbezogene Arbeiten	Wasserman and Faust (2009)

Tabelle 6.4.: Durchschnittliche Pfadlänge im Netzwerk

Die *avg. path length* (siehe Tabelle 6.4) bietet Hinweise bezüglich der Effizienz der Informationsvermittlung im Netzwerk. Je kürzer die Pfade im Netzwerk, desto stabiler und effizienter ist das Netzwerk. Diese Erkenntnisse können insbesondere für das Management von verteilten Prozessen von Nutzen sein (siehe Abschnitt 8.5).

Die durchschnittliche Verbundenheit im Netzwerk legt den Schwerpunkt auf die Betrachtung von lokalen Gruppierungen (siehe Tabelle 6.5), während die Dichte die allgemeine Struktur des Netzwerkes bezogen auf die potenziellen Beziehungen analysiert. Die drei beschriebenen Metriken der Stabilität eines Netzwerks werden hier gemeinsam zur Beurteilung der Stabilität betrachtet. Dabei bieten sie jeweils Anhaltspunkte zur Bewertung der um die Prozesseigenschaften.

Symbol	*Avg. connectivity* (*conn*)
Definition	Gibt den Grad der Verbundenheit der Knoten untereinander anhand der max. Anzahl der disjunkten Kanten zwischen den Knoten an.
Aritm. Ausdruck	$\bar{k}(G) = \frac{\sum_{u,v} k_G(u, v)}{\binom{n}{2}}$ k(u, v)= Verbundenheit der Knoten (u, v), Anzahl der disjunkten Kanten zwischen den Knoten
Wertebereich	0, bei unverbundenem Netzwerk; n-1, bei einem vollständig verbundenen Netzwerk
Aussage	Je größer die *conn*, desto stabiler ist das Netzwerk, da um es aufzuteilen, conn-1 Knoten entfernt werden müssen.
Themenbezogene Arbeiten	Beineke et al. (2002), Sen et al. (2006) Definition: Wasserman and Faust (2009)

Tabelle 6.5.: Durchschnittliche Verbundenheit des Netzwerks

6.4.1.3. Information

Hier werden diejenige Metriken vorgestellt, die das informations- und kommunikationsbezogene Verhalten des Prozesses wiedergeben können. Die Gültigkeit dieser Metriken basiert dabei auf der Annahme, dass die Prozessmodelle eine zuverlässige Menge an Informationen über die Kommunikations- und Informationsstrukturen im Prozess bieten. Das bedeutet auch, dass die Metriken über die Einschränkung verfügen, dass ein Experte, der über zusätzliches bzw. umfangreicheres Wissen über den Prozess verfügt, die Aussage der Metrik verfeinern kann bzw. auch zu abweichenden Ergebnissen als den aus der ausschließlichen Metrikbetrachtung kommen kann.

Symbol	Ereignisdichte E_d
Definition	Die Ereignisdichte gibt das Verhältnis zwischen den Kanten (links, L) und Knotenanzahl n an.
Aritm. Ausdruck/Metrik	$E_d = \frac{L}{n}$
Aussage	Ein bezüglich der Ereignisdichte ereignisreicher Prozess, hat einen E_d-Wert von über 1,2 (s. Abschnitt 7.6).
Themenbezogene Arbeiten	Verbindungskoeffizient: Mendling (2007), Latva-Koivisto (2001), Cardoso (2005a), Canfora et al. (2005)

Tabelle 6.6.: Ereignisdichte eines Netzwerks

Der Quotient der Verbindungen im Netzwerk und der Knoten wird hier zur Ermittlung der möglichen Ereigniskanäle bestimmt (siehe Tabelle 6.6), während in der Forschung im Bereich der Geschäftsprozessmodelle die Metrik als Verbindungskoeffizient angewendet wurde (siehe Mendling (2007)). Der Quotient der Beziehungen zu Elementenzahl im System kann auch in der Systemtheorie zur Bestimmung der Komplexität verwendet werden (siehe z.B. Trier et al. (2007, S. 66)).

Symbol	Kommuninkationsdichte *kommDichte*
Definition	Gibt die Häufigkeit des Austausches auf den bereits bestehenden Verbindungen (*linkevents*, LE) zwischen den Knoten wider.
Aritm. Ausdruck/Metrik	$kommDichte = \frac{LE}{n}$
Aussage	Die Anzahl der *linkevents* gibt die Kommunikationsintensität des Prozesses wider. Je mehr *linkevents*, desto intensiver die Kommunikation.

Tabelle 6.7.: Kommunikationsdichte eines Netzwerks

Durch das Paradigma der *linkevents*, kann ebenfalls die Informationsdichte im Prozess aufgenommen werden. Dafür wird die Shannon'sche Definition der Information verwendet. Die Informationsdichte in einem Prozessnetzwerk wird durch die Bestimmung der Entropie auf Basis der *linkevents* berechnet.

Symbol	Informationsdichte *InfoDichte*
Definition	Gibt den Informationsinhalt, der im Prozessablauf ausgetauscht wird, wieder.
Aritm. Ausdruck	H (G, P) = $\sum_{i=}^{n} p_i \, log_2(p_i)$; p = $\frac{LE(i)}{\#LE}$, #LE ist die Summe (Anzahl) der *linkevents* im Netzwerk
Aussage	Je mehr Ereignisse im Prozessnetzwerk auftreten, desto niedriger ist die Informationsdichte.

Tabelle 6.8.: Informationsdichte in einem Netzwerk

Die Informationsdichte wird mithilfe der Wahrscheinlichkeitsverteilung der *linkevents* berechnet (siehe Tabelle 6.8). Die Informationsdichte sinkt, wenn die Anzahl der *linkevents* steigt. Die Anzahl der *linkevents* kann nur dann steigen, wenn das System, also der Prozess, offen ist, so dass seine Umwelt auf ihn einwirken kann. Aus der Sicht der Sozialwissenschaften ist die Entropie, hier die Informationsdichte, somit ein Informationsmangel (Gell-Mann (1995)). Je höher die Entropie, desto höher der Mangel. Ein Prozess mit zunehmender Anzahl der *linkevents* ist somit ein informationsarmer und wenig flexibler Prozess.

6.4.1.4. Flexibilität

Die operationelle Flexibilität wurde bereits nach Sethi and Sethi (1990) als die Möglichkeit ein Produktteil basierend auf unterschiedlichen Prozessvarianten herzustellen, definiert. Um diese Fähigkeit zu messen, wurde von Park and Yilmaz (2010) im Kontext der Stadtplanung die Entropie der Zentralitäten in einem Netzwerk als ein potenzielles Maß für die Variantenvielfalt herangezogen. Die Entropie ist in diesem Zusammenhang das Maß der Ordnung im System bzw. der potenziellen Vorhersagbarkeit des Auftretens von bestimmten Ereignissen im Prozess. Sie wird anhand der drei Zentralitätsmetriken und der jeweiligen Wahrscheinlichkeitsverteilungen berechnet.

Symbol	Entropie H
Definition	Maß für den Grad der Ordnung bzw. Vorhersagbarkeit von Zuständen in einem Prozess.
Aritm. Ausdruck	H(G, P)= $\sum_{i=1}^{n} p_{zi} log_2 (p_{zi})$; $p_z = \frac{Zentralität(i)}{n}$, Wahrscheinlichkeit des Zentralitätswertes des Knotens i; P ist die entsprechende Wahrscheinlichkeitsverteilung.
Aussage	Je höher die Entropie, desto wahrscheinlicher, d.h. vorhersagbarer ist ein Zustand. Prozesse mit kleinerer Entropie sind flexibler als die mit größerer Entropie.
Themenbezogene Arbeiten	Park and Yilmaz (2010)

Tabelle 6.9.: Flexibilität eines Prozessnetzwerks

Die Entropie der Zentralitäten wird aus der Häufigkeitsverteilung der Werte der jeweiligen Zentralitäten berechnet (siehe Tabelle 6.9). So entstehen drei mögliche Werte: Entropie DC, für die *degree centrality*, Entropie BC, für *betweenness centrality* und Entropie CC für die *closeness centrality*. Die hier aufgeführten Metriken erweitern die im Abschnitt 4.4 präsentierten klassischen Metriken der Sozialen Netzwerkanalyse. Diese werden zusätzlich in die weitere Analyse eingebunden.

6.4.2. Knotenmetriken

In diesem Abschnitt werden nun die Metriken, die die Rollen der Aktivitäten in einem Prozessnetzwerk beschreiben, zusammengefasst und formalisiert. Dabei wurden die Aktivitäten als Knoten des Netzwerks visualisiert.

Eine Informationsquelle ist somit der Knoten oder eines der Knoten mit dem größten Outdegree bezogen auf die Anzahl der gesendeten *linkevents* im Netzwerk (siehe Tabelle 6.10). Um diese Knoten bestimmen zu können, wird hier als Metrik das dritte Quartil der O_{LD}(i)- Werte vorgeschlagen.

Wie bereits in dem Abschnitt 3.5 beschrieben, können Ereignisquellen gleichzeitig Senken von Geschäftsregeln und Ereignissenken Quellen der Geschäftsregeln, insbesondere

Symbol	Informationsquelle *IQ*
Definition	Gesendete Information durch eine Aktivität.
Aritm. Ausdruck/Metrik	O_{LD}(i) = ist der Out-degree bezogen auf die *linkevents* einer Aktivität i
Aussage	Aktivitäten, die eine erhöhte Anzahl an *linkevents* an andere Aktivitäten verschicken, werden als Informationsquelle bezeichnet.
Themenbezogene Arbeiten	Khlif et al. (2010) Imported Coupling of a Process zur Messung der Verbundenheit des Prozesses

Tabelle 6.10.: Metrik der Informationsquelle

Symbol	Informationsenke *IS*
Definition	Empfangene Information durch eine Aktivität.
Aritm. Ausdruck	I_{LD} (i) = In-Degree bezogen auf die empfangenen *linkevents* einer Aktivität i
Aussage	Aktivitäten, die eine erhöhte Anzahl an Nachrichten von anderen Aktivitäten empfangen, werden als Informationssenke bezeichnet.
Themenbezogene Arbeiten	Khlif et al. (2010) Exported Coupling of a Process zur Messung der Verbundenheit des Prozesses

Tabelle 6.11.: Informationssenke in einem Prozessnetzwerk

der ECA-Regeln, darstellen (siehe Tabelle 6.11).

Die Brokering Activity (BA) ist eine Metrik aus der dynamischen Netzwerkanalyse (Trier and Bobrik (2007)). Das Konzept kann jedoch auch auf die statischen Strukturen bezogen werden (siehe Tabelle 6.12).

Die *betweenness centrality*, die bei der Sozialen Netzwerkanalyse eine wichtige Rolle spielt, kann ebenfalls auf die Charakterisierung von Netzwerkaktivitäten angewendet werden. Hier stellen die Aktivitäten mit hohen *betweenness centrality*-Werten (C_b) Netzwerkelemente dar, die z. B. auf Variationen im Prozessfluss hinweisen, diesen also spalten und steuern können (siehe Tabelle 6.13).

6.5. Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde die Messtheorie und ihre Anwendung im Bereich der (Geschäftsprozess-)Analyse vorgestellt. Forschungsansätze im Bereich der quantitativen Analyse von Workflows und Geschäftsprozessmodellen wurden umrissen. Basierend auf diesen Vorarbeiten, wurden einige Metriken zur quantitativen Analyse von Geschäftsprozessen und Geschäftsprozessaktivitäten vorgestellt. Diese werden nun im folgenden Abschnitt durch weitere aus der Empirie hergeleitete Metriken ergänzt und verifiziert.

Symbol	*Kernaktivität*
Definition	Anzahl von neuen Verbindungen oder kürzeren Pfaden zwischen anderen Knoten, die durch Aktivitäten der Kernaktivität geschaffen wurden.
Aritm. Ausdruck	$BA = \sum_{j>}^{n} \sum_{k}^{n} b(p'_{jk} > p_{jk}),\ i \neq j\ \neq k$
Aussage	Aktivitäten, die einen direkten Einfluss über die Entwicklung der Netzwerkstruktur haben, werden als Kernaktivitäten bezeichnet.
Annahme	Wert der BA stellt nicht das alleinige Merkmal einer Kernaktivität dar.
Themenbezogene Arbeiten	Trier and Bobrik (2007)

Tabelle 6.12.: Metrik der Kernaktivität

Symbol	Kommunikationskontrolle, C_b
Definition	Die Kommunikationkontrolle einer Aktivität gibt die Vermittlungsleistung eines Knotens im Netzwerk wider.
Aritm. Ausdruck/Metrik	$C_b(n_i) = \sum \sum_{j}^{n} {}_{k}^{n} b_{jk}(n_i),\ für\, i \neq j\, und\, j < k$
Aussage	Der Knoten mit der größten C_b hat wesentlichen Einfluss auf die Informationsvermittlung im Netzwerk. Je größer der C_b-Wert, desto größer die Kontrolleistung des Knotens.
Annahme	Wert der C_b stellt nicht das alleinige Merkmal einer Kontrollaktivität dar.
Themenbezogene Arbeiten	Arbeiten im Bereich Prestige z.B. Freeman (1978)

Tabelle 6.13.: Metrik der Kontrollaktivität

7. Netzwerkbasierte Typisierung und Analyse von Geschäftsprozessen

In diesem Abschnitt soll die netzwerkbasierte Typisierung von Geschäftsprozessen und Prozessaktivitäten sowie die Einordnung der Prozessnetzwerke in die *real-world* Netzwerke (Watts (2004)) beleuchtet werden. Basierend auf den Ergebnissen wird der Ansatz zur netzwerkbasierten ereignisorientierten Analyse von Geschäftsprozessen vorgestellt und diskutiert.

Um die vorliegenden Prozesse anhand ihrer (in BPMN verfassten) Modelle analysieren und ihre Eigenschaften quantifizieren zu können, wurden diese in Netzwerke überführt und die entsprechenden Netzwerkmetriken mithilfe des Tools Commetrix berechnet. Dabei ist zu beachten, dass die Prozessmodelle eine Repräsentation von tatsächlich ablaufenden Prozessen darstellen und deswegen nicht die Modelleigenschaften im Vordergrund der Analyse stehen, sondern die Prozesseigenschaften, die explizit oder implizit in den Modellen enthalten sind, analysiert werden sollen. Diese Analyse wird unter der Prämisse geführt, dass die Definition dessen, was als Prozess abzubilden ist, in der subjektiven Problemsicht des Modellierers begründet ist und beinhaltet somit nicht nur die reine Abbildung der beobachteten realen Vorgänge (Gaitanides et al. (1994, S. 24ff), siehe auch Abschnitt 2.5).

Für die Analyse der Prozessnetzwerke wurden die Kennzahlen der (Sozialen) Netzwerkanalyse von der Commetrix-Software berechnet. Diese Kennzahlen sind: *number of nodes/links/linevents, diameter, link strength, density, avg. degree/betweenness/closeness centrality, avg. reach, avg. path length, avg. clustering coefficient, number of core group members, number of selflinks, number of isolated nodes*[1]. Neben diesen Metriken werden ebenfalls die prozesseigenen Merkmale: Aktivitätenindex, -name sowie Akteur (*pool* und *lane*) als Knoteneigenschaften erfasst. Die Metriken *number of linkevents* und *link strength* spiegeln den ereignisorientierten Ansatz der Netzwerkanalyse wider. Während die Präsenz der *linkevents* die Tatsache der vorhandenen Kommunikation über einen bestehenden *link* widergibt, gibt die *link strength* die eigentliche Gewichtung, also die Anzahl der *linkevents* pro *link* wider.

Anhand dieser Kennzahlen wurde zunächst eine explorative Analyse der Prozesseigenschaften durchgeführt. Dabei wurden die explizit für die Soziale Netzwerkanalyse entworfenen Metriken wie *number of core group members* und *number of selflinks* nicht in die Analyse einbezogen, da sie in Prozessnetzwerken keine semantische Bedeutung besitzen. Zudem wurde die Metrik *number of isolated nodes* ebenfalls außer Betracht gelassen. Zusätzliche Kennzahlen wie die durchschnittlichen Entropien der Zentralitäten wurden

[1] Hier werden die Bezeichnungen der Netzwerkmetriken in Übereinstimmung mit ihrer Bezeichnung in der Commetrix-Software, also auf Englisch, verwendet.

anhand der Netzwerkmetriken in Excel 2007 berechnet und in den Verlauf der Analyse einbezogen. Die Analyseverfahren der schließenden Statistik wurden mithilfe der SPSS®-Software in der Version 19 umgesetzt.

Dieses Kapitel stellt somit sowohl die Entwicklung als auch das Vorgehen des netzwerkbasierten ereignisorientierten Ansatzes zur Analyse von Geschäftsprozessen vor. Durch die Quantifizierung der Prozesseigenschaften wird hiermit der empirische Ansatz des Geschäftsprozessmanagements aufgegriffen. Das Kapitel ist wie folgt aufgebaut: Zunächst wird der Anwendung der netzwerkorientierten Analyse auf die Analyse von Geschäftsprozessen mithilfe der Zufallsnetzwerke verifiziert; anschließend werden die Verfahren zur Ermittlung von Prozessklassifikationsmetriken erläutert. Die identifizierten Prozessgruppen werden auf ihre quantitativen Eigenschaften untersucht und vorgestellt. Anschließend werden neue Prozessnetzwerke erhoben und mithilfe der identifizierten Prozesseigenschaften analysiert. Um die Auswirkungen der Prozessvisualisierung auf die Analyse von Informationsstrukturen im Prozess zu untersuchen, wird das Paradigma des *Cognitive Fit* (Vessey (1991)) eingeführt. Ein Laborexperiment zu seiner Ermittlung im Bezug auf die Prozessnetzwerke wird beschrieben, seine Ergebnisse präsentiert und in den Kontext der netzwerkbasierten Analyse gestellt.

7.1. Verifikation des netzwerkbasierten Ansatzes zur Geschäftsprozessanalyse

Bevor die Prozesse mithilfe des netzwerkbasierten Ansatzes analysiert werden können, soll geklärt werden, ob die aus der Netzwerksicht identifizierten Eigenschaften prozessspezifisch sind und somit mithilfe der sozialen Netzwerktheorie untersucht werden können, d.h. ob sie den *real-world networks* im Sinne von (Watts and Strogatz (1998)) zugeordnet werden können. Dafür wird die *Theorie der Zufallsnetzwerke*, die von Erdös and Rényi (1960) eingeführt wurde, verwendet. Als ein Zufallsnetzwerk wird ein Netzwerk definiert, in dem die Kanten zufällig unter den Knoten verteilt werden.

Komplexe Netzwerke haben häufig Eigenschaften, die zufällig erscheinen; Erdös and Rényi (1960) stellten jedoch fest, dass Fragestellungen der Netzwerktheorie oftmals durch die Anwendung von statistischen Methoden gelöst werden können. Diese Erkenntnis führte dazu, dass die Theorie der Zufallsnetzwerke gerade bei der Analyse von komplexen Netzwerken eingesetzt wird (Albert and Barabasi (2002)). Die Theorie der Zufallsnetzwerke wird ebenfalls häufig dazu eingesetzt, deterministische Eigenschaften eines Graphen zu untersuchen. Dabei wird davon ausgegangen, dass wenn ein Zufallsnetzwerk eine positive Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer bestimmten Eigenschaft besitzt, dann muss auch ein Graph mit dieser Eigenschaft existieren. Dieses Vorgehen wird auch als die probabilistische Methode (*probabilistic method*) bezeichnet (Bollobas (1998)). In dieser Arbeit wird die Theorie der Zufallsnetzwerke verwendet, um die Geschäftsprozesse als *real-world* Netzwerke (im Sinne von Watts and Strogatz (1998)) zu identifizieren und entsprechend Hypothesen bezügliches ihres Verhaltens bilden zu können.

Die Zufallsnetzwerke wurden basierend auf dem jeweiligen Prozessnetzwerk erstellt, d.h. Anzahl der Knoten und der *linkevents* im Zufallsnetzwerk wurde gleich der An-

zahl im Originalnetzwerk gesetzt. In der Forschung existieren zahlreiche Algorithmen zur Erstellung von Zufallsnetzwerken. Sie unterscheiden sich dabei in ihrer Güte im Bezug auf die Abbildung der Wirklichkeit, d.h. des *real-world* Netzwerks. Im Kontext der Geschäftsprozesse wurden drei unterschiedliche Verfahren zur Erstellung der Zufallsnetzwerke angewendet. Für jedes Prozessnetzwerk wurden durch jeden der drei verwendeten Algorithmen, die auf das *linkevent*-Paradigma angepasst wurden, jeweils 100 Zufallsnetzwerke erstellt. (Levina and Hillmann (2012))

Als erstes wurden die Zufallsnetzwerke durch eine Bernoulli-Verteilung, die auf dem Modell für Zufallsnetzwerke von Erdös and Rényi (1960) basiert, erstellt. Dabei bestimmt der Algorithmus solange zufällig den Sender und Empfänger für jedes *linkevent*, bis die ursprüngliche Anzahl der *linkevents* aus dem Prozessnetzwerk erreicht ist. Die einzige Einschränkung dabei ist die Vermeidung der Selbstverlinkung (*self links*), d.h. der Situationen bei welchen der Sender und der Empfänger identisch sind. Der zweite Algorithmus generiert strukturähnliche Zufallsnetzwerke unter der Restriktion des festen Out-Degree (Katz and Powell (1957)). Der Algorithmus nimmt die Knotenpaare und ihre *linkevents* als Input und tauscht die *links* im Netzwerk aus (Watts (2004), Watts and Strogatz (1998)). Der dritte Algorithmus: U|MAN (Wasserman and Faust (2009)) generiert so eine bedingte Zufallsverteilung, dass die Anzahl der Dyaden im Zufallsnetzwerk ihrer Anzahl im ursprünglichen Netzwerk gleicht.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Zufallsnetzwerke und des Vergleichs der Zufallsmetriken mit den erhobenen Prozessnetzwerken unterstützt die Aussage von Watts and Strogatz (1998), dass reale Netzwerke weder komplett geordnet, noch komplett zufällig sind; vielmehr zeigen sie beide Eigenschaften. Viele der realen Netzwerke haben die Eigenschaften, die die s. g. *small world* Netzwerke auszeichnen. Watts (2004) definiert die Eigenschaften von *small world*, also realen Netzwerken anhand der ausgewählten Netzwerkmetriken *path length* und *clustering coefficient*. Demnach weisen reale Netzwerke eine höhere oder gleiche *path length* verglichen mit einem strukturell ähnlichen Zufallsnetzwerk auf. Auch ist ihr *clustering coefficient* sehr viel größer als der eines Zufallsnetzwerkes.

Tabelle 7.1 führt zum einen die Metriken für die bereits in der Wissenschaft untersuchten realen Netzwerke und die Werte für die hier erhobenen Geschäftsprozesse auf. Dabei werden die durchschnittliche Knotenzahl (n), durchschnittlicher Grad (*degree*, d.h. Anzahl der *links*, l), die durchschnittliche Pfadlänge (*path length*, PL) und der *clustering coefficient* (CluCo) sowohl für echte als auch für die Zufallsnetzwerke aufgelistet. Diese Darstellungsart des Vergleichs basiert auf der Arbeit von Albert and Barabasi (2002). Die Werte für die Prozessnetzwerke sind Durchschnittswerte, da insgesamt 58 Prozessnetzwerke untersucht wurden und sie die Basis für die Erstellung der Zufallsnetzwerke bilden.

Die Werte der Zufallsnetzwerke für die Prozessanalyse sind Ergebnisse des Zufallsalgorithmus von Katz and Powell (1957). Dieser Algorithmus wurde gewählt, da er die Struktur der betrachteten Prozessnetzwerke von den drei Zufallsalgorithmen am besten widerspiegelt. Alle drei Algorithmen zeigten jedoch das gleiche Verhältnis zwischen den Zufalls- und Originalmetriken auf[2].

[2]Siehe Anhang E.

Netzwerk	n	l	PL	PL_{random}	CluCo	$CluCo_{random}$
Business process	33,74	29,94	4,35	3,25	5,96	0,07
Power grid (Watts and Strogatz (1998))	4941	2,67	18,7	12,4	0,08	0,005
Movie actors (Watts and Strogatz (1998))	225226	61	3,65	2,99	0,79	2,7*10-4

Tabelle 7.1.: Vergleich der *real- world* Netzwerke

7.2. Prozesstypisierung

In diesem Abschnitt soll zunächst explorativ die Möglichkeit einer Typisierung von Prozessen anhand ihrer Netzwerkmetriken untersucht werden. Um die Auswirkungen der Prozesseigenschaften auf die Metriken der Prozessnetzwerke zu analysieren, werden zunächst datenreduzierende Verfahren aus der Statistik angewendet. Diese sind hier explorativ dimensionsreduzierende Verfahren Cluster- und Faktorenanalyse.

Mithilfe einer *Faktorenanalyse* sollen Variablengruppen identifiziert werden, die das Verhalten der Prozesse maßgeblich beeinflussen. Dadurch wird nicht nur die Anzahl der zu betrachtenden Metriken reduziert, das Vorgehen ermöglicht zudem Aussagen über wichtige Prozesseigenschaften.

Anschließend werden die identifizierten Faktoren als Input für das *Clustern* der Prozesse eingesetzt. Neben dem Clustern von Prozessen anhand der identifizierten Faktoren, wird das Clustern auch mit den gesamten Prozessmetriken wiederholt. Die identifizierten Cluster werden anschließend auf ihre Trennfähigkeit mithilfe der *Diskriminanzanalyse* überprüft. Die Ermittlung einer Diskriminanzfunktion hat zudem den Vorteil, dass neue Prozessnetzwerke mit ihrer Hilfe untersucht, also typisiert, werden können. Des Weiteren werden die involvierten Diskriminanzfaktoren untersucht, um die Rolle der einzelnen Netzwerkmetriken für die Unterscheidung der Prozesstypen bestimmen zu können.

Neben der dimensionsreduzierenden Untersuchung der Prozesseigenschaften, werden quantitative Eigenschaften der aus dem Prozessmodell definierten Prozessgruppen wie z.B. informationsintensive, automatisierbare, etc. Prozesse im Weiteren (siehe Abschnitt 7.3) mithilfe der Diskiminanzanalyse ermittelt. *Hypothesentests* werden eingesetzt, um die Aussagen bezüglich dieser Prozesse zu präzisieren und zu quantifizieren. Die *deskriptiven* Metriken der untersuchten Stichprobe sowie ihre gegenseitige Korrelation werden im Anhang A.0.3 bzw. B zusammengefasst.

7.2.1. Identifikation von Prozesstypen: Faktorenanalyse

Um die das Prozessverhalten bestimmenden Metriken ermitteln zu können, soll zunächst eine Dimensionsreduzierung der betrachteten Variablen, d.h. der Netzwerkmetriken, mithilfe der Faktorenanalyse durchgeführt werden. Dabei werden zunächst nur die Netzwerkmetriken betrachtet, die häufig bei der Netzwerkanalyse herangezogen werden. Anschließend werden auch die im Abschnitt 6 definierten Metriken: die Informations- und Kommunikationsdichte sowie die durchschnittlichen Entropien der *betweenness*-, *degree*- und *closeness*- Zentralitäten betrachtet und in die Analyse einbezogen.

Die Ergebnisse der Faktorenanalyse der klassischen Metriken zeigen (siehe auch Anhang B), dass vier Faktoren, die aus den 13 betrachteten Metriken extrahiert wurden, notwendig sind, um das Verhalten der Geschäftsprozesse zu erklären. Die anschließende Korrelationsuntersuchung zeigt, dass die Faktoren nicht miteinander korrelieren und alle Faktorenladungen ungleich null sind. Die vier Faktoren tragen zur Erklärung der 85,170% der Varianz bei. Aus der ermittelten Komponentenmatrix sollen nun die Variablen bestimmt werden, die bei dem jeweiligen Faktor den größten absoluten Wert besitzen, d.h. die bei dem Faktor "laden". Die Übersicht der Faktoren, der dazugehörigen Variablen sowie ihrer Interpretation fasst die Tabelle 7.2 zusammen.

Faktor	Faktormetrik	Einfluss	Faktorname
1	# Linkevents # Nodes # Links diameter	positiv	Umfang
	density avg. degree centrality avg. closeness centrality	negativ	
2	avg. betweenness centrality avg. connectivity	positiv	Verbundenheit
	# Links link strength	negativ	
3	avg. reach, Clustering Coefficient	positiv	Gruppenbildung
4	link strength	positiv	Kommunikation
	Clustering Coefficient	negativ	

Tabelle 7.2.: Zusammenfassung der Faktorenanalyse: Prozessmetriken

Die Netzwerkelemente und der Durchmesser haben einen positiven Einfluss auf Faktor 1, während die Zentralitäten und die Gruppierungsmasse bei dem Faktor negativ zünden. So beschreibt der Faktor 1 den Umfang des Prozesses. Bei Faktor 2 zünden die Verbundenheitsmasse positiv, während die Gewichtung der Verbindung zwischen den Knoten (*linkevents*) sowie die Anzahl der Verbindungen einen starken negativen Einfluss auf den Faktor 2 ausüben. Als Faktor 2 kann also die Verbundenheit der Netzwerkelemente verstanden werden. Die Reichweite der Beziehungen (*reach*) und der *clustering coefficient* des Netzwerks zeigen eine positive Wirkung auf den Faktor 3. Dieser Faktor fasst somit die Eigenschaften der Gruppenbildung im Netzwerk zusammen. Die *link strength*, also die Intensität der Kommunikation über die bestehende Verbindung lädt am stärksten bei Faktor 4. Dieser Faktor beschreibt also die Kommunikation im Prozessnetzwerk.

Die Prozesse können nun anhand der Faktorwerte weiter analysiert werden. Werden die Werte des Faktor 1 betrachtet, ist der Prozess 32 (Limitantrag bei einem Kreditinstitut) der kleinste und der Prozess 56 (Problem bis zur Lösung) der größte Prozess. Diese Erkenntnis ergänzt also die Aussage, die anhand der Knotenzahl getroffen werden könnte, da in der Untersuchungsmenge zwei Prozesse mit der minimalen Knotenanzahl von 9 Knoten

existieren (siehe Anhang A.0.1 und A.0.2). Zudem werden bei dieser Einschätzung weitere Parameter wie die Anzahl der *linkevents* oder *links* bzw. der Durchmesser betrachtet. Die Einbeziehung der Faktorenwerte liefert hier also eine erweiterte Vergleichs- und Entscheidungsgrundlage bezüglich der Größeneigenschaften eines Prozesses. Bezüglich der Faktorwerte des Faktor 2 weist der Prozess 48 (Versand in einer medizinisch-technischen Firma), den mit 3,163 größten Faktorwert und der Prozess 55 (Produktwechsel) mit -1,9373 den kleinsten Wert und damit eine geringere Stabilität auf. Eine nähere Analyse der Werte des Faktor 2 bietet Hinweise darauf, dass dieser Faktor die Einbeziehung der Netzwerkknoten in den Prozessablauf umfasst. Die Metriken, die diesen Faktor bilden, beziehen sich auf die Verbreitung der Information sowie die (informationelle) Verbundenheit zwischen den Knoten. Dabei zündet die Metrik *link strength* mit einem negativen Vorzeichen. Entsprechend fällt der Faktor 2 mit wachsender durchschnittlicher Verbindungsstärke zwischen den Knoten. Daraus kann abgeleitet werden, dass ein hoher Faktor 2 Prozesse indiziert, deren Knoten wenig mit einander kommunizieren, d.h. sie laufen autonom, ohne eine starke Abhängigkeit zu den Ergebnissen mehrerer vorhergehender Knoten, ab.

Die Prozesse 32 (Limitantrag bei einem Kreditinstitut) und 3 (BereitstellungII bei einem Automobilhersteller) weisen den größten (2,0215) bzw. den kleinsten Wert (-5, 3116) des Faktor 3 auf. Die faktorbildenden Metriken (*avg. reach* und *clustering coefficient*) von Faktor 3 weisen darauf hin, dass Prozesse mit einem hohen Wert des Faktor 3 über eine ausgeprägte Gruppenbildung innerhalb der Prozesse verfügen können. Diese Gruppen können im Kontext der Geschäftsprozesse als *Subprozesse* bzw. Funktionen, d.h. in sich abgeschlossene Aktivitätengruppen, interpretiert werden. Ein hoher Wert des Faktor 3 kann also Prozesse mit abgeschlossenen Funktionsgruppen indizieren. Diese Erkenntnis bietet noch weiteren Forschungsbedarf und kann für die Bildung von Services im Rahmen der serviceorientierten Prozessunterstützung bzw. von Komponenten im Rahmen der Komponentenorientierung insbesondere mit dem Hinblick auf die Granularität der Services bzw. Komponenten hilfreich sein. Es bleibt jedoch zu untersuchen, wie diese Gruppen mithilfe der Netzwerkanalyse identifiziert werden können.

Der Prozess 32 weist allerdings den kleinsten Wert (-2,6182) und der Prozess 30 (Kontrahäntenpflege bei einer Bank) den größten Wert (2,61543) bei Faktor 4 auf. Das bedeutet, dass der Prozess 30 über eine geringe Gruppenbildung (*clustering coefficient* -Werte), jedoch auch über eine verstärkte Kommunikation über die bestehenden Verbindungen (*link strength*) verfügt.

7.2.1.1. Faktorenanalyse mit allen Metriken

Wie im Abschnitt 6 bereits beschrieben, wurden zusätzlich zu den klassischen Netzwerkmetriken weitere Kennzahlen, die das Prozessverhalten widerspiegeln sollen, entwickelt. Diese werden nun in die Faktorenanalyse miteinbezogen. Die Ergebnisse der Faktorenanalyse über alle 18 definierten Metriken hinweg zeigen, dass insgesamt fünf Faktoren Ursachen für das Verhalten der Geschäftsprozesse sein können[3]. Die Korrelationsuntersuchung zeigt, dass die Faktoren untereinander nicht korrelieren und alle Faktorenladungen

[3]Siehe Anhang B.

ungleich null sind (Gütekriterien nach Martens (2003, S. 225)). Die Faktoren erklären dabei 84,098% der Varianz.

Die Komponentenmatrix wird nun wie bereits bei der Untersuchung der klassischen Metriken bezüglich des Einflusses von Variablen in dem jeweiligen Faktor untersucht, d.h. es soll ermittelt werden, welche Variablen bei welchem Faktor am stärksten laden. Die Übersicht der Faktoren, der dazugehörigen Variablen und ihrer Interpretation fasst die Tabelle 7.3 zusammen.

Faktor	Faktormetrik	Einfluss	Faktorname
1	InfoDichte, density avg. degree centrality avg. closeness centrality EntropieCC	positiv	Kommunikationsintensität
	# Linkevents, # Nodes, # Links, diameter	negativ	
2	avg. betweenness centrality, avg. connectivity, diameter	positiv	Verbundenheit
	# Links, link strength	negativ	
3	EntropieDC, EntropieBC	positiv	Informationsverteilung
4	avg. reach, clustering coefficient	positiv	Gruppenbildung
5	Link strength kommDichte	negativ positiv	Vernetzheit

Tabelle 7.3.: Faktorenanalyse der gesamten Metriken

Nun werden die Prozesse anhand der erweiterten Faktoren analysiert. Dabei weisen die Faktorenwerte der Faktoren 2 und 4 ähnliches Verhalten bzw. ähnliche Werte wie auch die Faktoren 2 und 3 aus der Analyse der klassischen Netzwerkmetriken auf und werden aus diesem Grund nicht weiter ausgeführt. Faktor 1 weist umgekehrte Beziehungsstrukturen auf. So haben die Anzahl der Knoten, *links* und *linkevents* eine negative Wirkung auf den Faktor. Während die Informationsdichte und Netzwerkdichte eine positive Wirkung zeigen. Um den Faktor 1 positiv zu beeinflussen, muss demnach die Anzahl der *linkevents* im Netzwerk bei sonst bleibenden Verhältnissen gesteigert werden. Somit beschreibt Faktor 1 die Kommunikation im Prozessnetzwerk.

Bezüglich der Faktorenwerte des Faktor 3 weisen der Prozess 18 (IT-Drittmittelantrag) mit 6,60 den größten und Prozess 3 (Bereitstellung II) mit -1,23 den kleinsten Wert auf. Zudem korrelieren die Faktorenwerte des Faktor 3 stark mit den normalisierten durchschnittlichen Entropiewerten der Degree und Betweenness Zentralitäten. Da beide Metriken häufig dafür angewendet werden den Informationstransport im Netzwerk zu analysieren, deutet es darauf hin, dass die Prozesse mit hohen Faktorwerten eine auffällige Besonderheit bezogen auf ihr Informationsvermittlungsverhalten aufweisen können. Die Prozesse aus dem ersten Quartil der Faktorwerte zeigen Hinweise auf entscheidungs- bzw. kooperationsintensive Prozesse auf[4].

[4]Die Prozessdiagramme wurden hinsichtlich des Kommunikationsverhaltens innerhalb des Prozesses (Einbeziehung weiterer Prozessakteure, Häufigkeit des Informationsaustauschs) und Entscheidungsintensität (Anzahl der Splits im Ablauf) untersucht.

Die Faktorwerte des Faktor 5 korrelieren stark mit den Metriken: *link strength* (negativ) und Kommunikationsdichte (positiv). Den kleinsten Wert des Faktor 5 weist dabei der Prozess 6 (Angebot erstellen), den höchsten Wert der Prozess 1 (Versorgungssteuerung) auf. Die Prozesse im dritten Quartil der Faktorwerte zeigen Hinweise auf Kommunikationsintensivität, bezogen auf das Prozessmodell, auf. Um also den Faktor 5 positiv beeinflussen zu können, muss die Anzahl der *links* im Netzwerk steigen und die Anzahl der Knoten bei bleibender Anzahl der *linkevents* reduziert werden. Hier zeigt sich auch der Unterschied zur Vernetztheit der Prozesse. Während die Verbundenheit die Nähe der Knoten, also die Effizienz des Informationstransports betrachtet, beschreibt die Vernetztheit des Prozesses wie stark die einzelnen Knoten in das Netzwerk integriert sind, d.h. wie viele Verbindungen sie besitzen. Im Gegenteil dazu beschreibt die Verbundenheit die Verteilung der Information im Prozess, während die Kommunikationsintensität den Maß für die Interaktion zwischen bestehenden Verbindungen im Netzwerk beschreibt.

7.2.1.2. Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse der klassischen Netzwerkmetriken aus dem Abschnitt 4 hat zur Identifikation von vier Faktoren geführt, die die Eigenschaften der betrachteten Prozesse in folgende Gruppen aufteilen: Umfang, informationelle Strukturen der Aktivitäten (Verbundenheit), Gruppenbildung innerhalb der Prozessnetzwerke und Kommunikation. Zusätzlich zu den klassischen Metriken wurden anschließend die informationsbezogenen Kennwerte aus dem Abschnitt 6 einbezogen. Daraus konnten fünf Faktoren abgeleitet werden, die zum Teil die Ergebnisse der Faktoranalyse mit klassischen Metriken aufgegriffen haben. Diese wurden jedoch um Erkenntnisse bezüglich des Kommunikationsverhaltens im Netzwerk ergänzt.

7.2.2. Identifikation von Prozesstypen: Clusteranalyse

Das oben beschriebene Verfahren der Faktorenanalyse zur Dimensionsreduzierung erlaubt es weitere Analyseverfahren anzuwenden, die zur Ermittlung einer genaueren Aussage über das Verhalten der untersuchten Objekte eingesetzt werden können. Basierend darauf soll zunächst eine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt werden bei der zunächst *drei* und anschließend *fünf* Cluster unter Berücksichtigung der klassischen bzw. der erweiterten Netzwerkmetriken als unabhängige Variablen untersucht werden. Bezogen auf die so entstandenen Cluster wird eine Diskriminanzanalyse durchgeführt, um die Trennfähigkeit der gefundenen Cluster zu überprüfen und die Netzwerkmetriken, die den größten Einfluss auf die Trennung der Gruppen haben und somit kennzeichnend für die jeweiligen Eigenschaften sind, identifizieren zu können. Abbildung 7.2.1 zeigt das entsprechende Vorgehen. Für die Durchführung der Diskriminanzanalyse wurde die Clusterzugehörigkeit als Gruppenzuordnung der Prozessnetzwerke interpretiert. Die Ergebnisse der Cluster- und der anschließenden Diskriminanzanalyse sind im Anhang (digital: AuswertungProzesse, SPSS_Dokumente[5]) zu finden. Das gleiche Verfahren wird auf die oben

[5] Diese Daten befinden sich aufgrund des Umfangs auf dem separaten Datenträger (digital) und sind somit nicht in der gedruckten Version inkludiert.

identifizierten Faktoren angewendet. Das Vorgehen soll die möglichen Auswirkungen der Dimensionsreduktion möglichst gering halten. Die Ergebnisse werden anschließend diskutiert.

Abbildung 7.2.1.: Vorgehen der Clusteranalyse (eigene Darstellung)

Als Variablen der Untersuchung dienten zunächst die klassischen Metriken. Die Durchführung der hierarchischen Clusteranalyse mit *drei* Clustern ergab die folgende quantitative Zuordnung der Prozesse zu den jeweiligen Clustern: 1:4:53. Das bedeutet, dass dem ersten Cluster 1 Prozess, dem zweiten Cluster 4 und dem dritten Cluster 53 Prozesse zugeordnet werden konnten. Die Güte der Trennung der Cluster[6] kann mithilfe der Diskriminanzanalyse, bei welcher die Cluster-Zugehörigkeit als Gruppenzuordnung verwendet wird, genauer mithilfe des so entstandenen des Wertes von Wilks' Lambda[7] gemessen werden. Für die erste Trennfunktion betrug der Wert $3{,}16*10^{-6}$; für die zweite betrug der Wert 0,987. Das bedeutet, dass die Gruppen 2 und 3 sich nicht signifikant von einander unterscheiden und somit nicht gut getrennt werden konnten, während die Gruppen 1 und 2 sehr gut durch die in der Funktion1 ermittelten Diskiminanzkoeffizienten getrennt werden konnten. Die wichtigste Rolle, basierend auf der Übersicht der standardisierten kanonischen Diskriminanzkoeffizienten, spielte dabei die *avg. closeness centrality*.

Die hierarchische Clusteranalyse mit klassischen Netzwerkmetriken als Variablen mit *fünf* Clustern ergab folgende Zuordnung von Prozessnetzwerken in Cluster: 1:4:12:38:1. Die Trennfähigkeit der auf der Cluster-Gruppierung basierenden Diskriminanzfunktion kann anhand der Werte von Wilks' Lambda beurteilt werden: $2{,}48*10^{-40}$ Funktion1, $8{,}71*10^{-14}$ Funktion2, 0,013 Funktion3 und Funktion4 0,935. Lediglich das letzte Cluster, definiert durch die Funktion4, erwies sich als nicht signifikant unterschiedlich von den anderen Clustern mit dem Lambda-Wert von 0,935. Aus der Übersicht der standardisierten kanonischen Diskriminanzkoeffizienten erwies sich die *avg. closeness centrality* als ausschlaggebende Variable für die Trennbarkeit der Gruppen durch die Funktionen 1 und 4.

Nun wurde eine Cluster- und Diskriminanzanalyse der erweiterten Prozessmetriken durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse sind ebenfalls in Anhang[8] zu finden.

Die hierarchische Clusteranalyse mit *drei* Clustern und den erweiterten Netzwerkmetriken als Variablen ergab die folgende Clusterbildung: 1:4:53. Die Diskriminanzanalyse

[6] Die Güte wird bezüglich der internen Homogenität und externen Heterogenität der Gruppen bewertet.

[7] Auch als Signifikanzwert bezeichnet; dabei werden die Mittelwerte der entstandenen Gruppen auf ihren signifikanten Unterschied untersucht. Liegt der Signifikanzwert unter dem Signifikanzniveau (hier: α=5%), dann unterscheiden sich die Mittelwerte und somit die Gruppen ebenfalls signifikant. Die Annahme über eine gute Trennfähigkeit der Funktion bzw. des Clusters kann dann also nicht verworfen werden.

[8] Digital: SPSS_Dokumente.

ergab hier eine gute Trennbarkeit der Gruppen. Die Wilks' Lambda-Werte betragen hier: 5,57*10^{-58} für Funktion1 und 2,18*10^{-5} für Funktion2.

Die hierarchische Clusteranalyse mit *fünf* Clustern ergab folgende Zuordnung der Prozesse: 24:27:2:1:4. Das bedeutet, dass dem Cluster eins 24, dem Cluster zwei 27, dem Cluster drei 2, dem Cluster vier 1 und dem Cluster fünf 4 Prozesse zugeordnet wurden. Die folgende Diskriminanzanalyse ergab eine gute Trennbarkeit der Cluster 1-4. Die Wilks' Lambda-Werte sind hier sehr signifikant. Allerdings, konnten die Cluster 4 und 5 mithilfe der erweiterten Metriken als Diskriminanzvariablen nicht gut von einander getrennt werden. Der Wert von Wilks' Lambda betrug hier 0,890. Die für die Trennung ausschlaggebenden Metriken sind bei der Diskriminanzfunktion1, 2 und 3 die *avg. closeness centrality*.

Nun wird im Folgenden die Clusteranalyse auf die Faktorenwerte der Prozesse und nicht auf die gesamten Netzwerkmetriken aus der Faktoranalyse angewandt.

7.2.2.1. Bildung der Prozesscluster mit identifizierten Faktoren

Innerhalb der durchgeführten Faktorenanalyse wurden anhand der klassischen Netzwerkmetriken zunächst vier Faktoren identifiziert, die das Verhalten der Prozesse beeinflussen. Basierend darauf soll eine hierarchische Clusteranalyse mit drei Clustern durchgeführt werden, um Prozesse anhand dieser Faktorengruppen, also Clustern, zuordnen zu können. Die Annahme dabei ist, dass die Prozesse nach ihrem Typ, der durch die faktorbildenden Metriken beschrieben wird, zusammengefasst werden, so dass im Weiteren typspezifische Eigenschaften der Prozesse als Netzwerkmetriken ausgedrückt werden können. So wird nun eine Clusteranalyse anhand der ermittelten Faktoren durchgeführt. Dabei dienen die Faktoren als unabhängige Variablen. Um die Trennfähigkeit der so entstandenen Cluster zu bewerten, wird anschließend eine Diskriminanzanalyse mit den Faktoren als unabhängigen Variablen und der Clusterzuordnung als Gruppierung der Prozesse durchgeführt.

Es sollen zunächst wieder diejenigen Faktorenwerte untersucht werden, die bei der Analyse der klassischen Netzwerkmetriken ermittelt wurden. Die Werte der vier Faktoren dienen nun als unabhängigen Variablen bei der Cluster- und anschließenden Diskriminanzanalyse. Die entsprechenden Ergebnisse sind ebenfalls in Anhang[9] zu finden. Die Clusteranalyse ergab hier folgende Zuordnung der Prozesse: 55:1:2. Die erste Diskriminanzfunktion zeigt eine gute Trennfähigkeit der Prozessgruppen auf. Der Wert von Wilks' Lambda beträgt hier 3,73*10^{-15}. Der Wert der zweiten Funktion ist allerdings 0,938 und somit ein Hinweis auf keine ausreichende Trennfähigkeit der Funktion 2. Der ausschlaggebende Faktor für die Trennfähigkeit der Funktion1 war dabei Faktor 1, also der Prozessumfang. Eine Clusteranalyse mit fünf Clustern ergab hier eine Clusterzuordnung von: 5:2:48:2:1 mit einer sehr guten Trennfähigkeit der Cluster, die mithilfe der Diskriminanzanalyse festgestellt wurde. Dabei erwiesen sich die Faktoren 1, 3, 2 und 4 für die entsprechende Trennung als ausschlaggebend.

Ähnliche Ergebnisse wurden bei der Cluster- und Diskriminanzanalyse mit den Faktorenwerten aus der Analyse der *erweiterten* Netzwerkmetriken erzielt. Die Clusteranalyse mit *drei* Clustern ergab dabei folgende Clusterzuordnung: 56:1:1. Eine sehr gute

[9] Digital: SPSS_Dokumente.

Trennbarkeit konnte den beiden Diskriminanzfunktionen zugestanden werden. Die ausschlaggebende Metrik bei der Funktion1 war der Faktor 3, also die Informationsverteilung, bei der Funktion2 war es der Faktor 4, also die Gruppenbildung im Netzwerk. Die Analyse der Faktoren aus den erweiterten Netzwerkmetriken mit *fünf* Clustern ergab dabei folgende Clusterzuordnung: 5:1:48:3:1. Auch hier zeigten alle vier Diskriminanzfunktionen eine sehr gute Trennfähigkeit. Die ausschlaggebenden Faktoren waren hierbei: Funktion1- Faktor 3 (Informationsverteilung), Funktion2- Faktor 1 (Kommunikationsintensität), Funktion3- Faktor 2 (Verbundenheit) und Funktion4- Faktor 1(Kommunikationsintensität). Die entsprechenden Ergebnisse der statistischen Auswertung sind im Anhang (digital) zu finden.

7.2.2.2. Zusammenfassung: Prozesscluster

Die Clusteranalyse zeigte ein hohes Übergewicht bei der Zuordnung der Prozesse zu einem Cluster, der auch die mit Abstand höchste Zahl an zugewiesenen Prozessen aufwies. Dieses Ergebnis kann eine Anfälligkeit der Clusteringfunktionen für die Metrik der Knotenanzahl in den Prozessnetzwerken sein. Erkenntnisse aus dieser Analyse können aus diesem Grund nicht als aussagekräftig betrachtet werden und werden nicht in die weitere Prozessanalyse einbezogen.

Die *avg. closeness centrality* erwies sich in vielen Fällen als eine für die Trennfähigkeit ausschlaggebende Metrik. Somit kann die durchschnittliche Nähe der Knoten im Netzwerk bzw. die Produktivität bei der Informationsverarbeitung und Kommunikation, neben der Anzahl der Knoten, zwischen den untersuchten Prozessen, einen ausschlaggebenden Unterschied darstellen. Die durch die Faktorenanalyse erzielte Dimensionsreduktion der Daten resultierte in gut abgegrenzten Prozessclustern. Dabei waren die Verhaltensaspekte der Prozesse im Bezug auf die Informationsverteilung ausschlaggebend für die Trennung, also die externe Heterogenität der Prozessgruppen.

Sowohl die Faktorenanalyse als auch die Clusteranalyse zeigen, dass das Prozessverhalten bzw. die Struktur des Prozessnetzwerks ein Unterscheidungsmerkmal für Prozesstypen darstellen kann. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird die Untersuchung der wesentlichen Charakteristika von Prozessen mithilfe der Netzwerkorientierung anhand von einzelnen Metriken, die möglichst unabhängig von der Anzahl der Knoten im Netzwerk sind, erfolgen. Dafür werden nun die Eigenschaften von Prozesstypen anhand ihres Verhaltens operationalisiert und zur weiteren Analyse entsprechend gruppiert.

7.3. Definition von Metriken für Prozesstypen

Im vorherigen Abschnitt wurde die Ermittlung der kennzeichnenden Eigenschaften von Prozessen mithilfe von dimensionsverkürzenden Verfahren und Clusteranalyse durchgeführt. Dabei wurden vier bzw. fünf Faktoren ermittelt, die die Eigenschaften des Prozessnetzwerks beschreiben und somit auch potenzielle Unterscheidungsmerkmale für Prozesstypen bilden können. Diese Faktoren erfassen sowohl die strukturellen Eigenschaften wie die Anzahl von Knoten und *links* im Netzwerk als auch das Prozessverhalten, das sich in der Effizienz des Informationstransports äußern kann. Die Clusteranalyse hat gezeigt,

dass diese Faktoren jedoch nicht eindeutig genug sind, um die Prozessarten von einander trennen zu können. So wird in diesem Abschnitt zunächst eine manuelle Trennung von Prozesstypen durchgeführt. Die Typenbildung erfolgt basierend auf den Prozessdefinitionen aus dem Abschnitt 2.2. Diese wurden so operationalisiert, dass sie auf Prozessmodelle angewendet werden können.

Die Prozesseigenschaften werden nun aus den vorliegenden Prozessmodellen abgeleitet. Die daraus entstehende Gruppenbildung wird durch die Ausführung der Diskriminanzanalyse formalisiert, die externe Heterogenität und interne Homogenität der definierten Gruppen wird anschließend untersucht. Die Gruppeneigenschaften werden mithilfe der Hypothesentests ausgewertet[10].

Die untersuchten Eigenschaften, ihre Operationalisierung, also Indikatoren aus dem Prozessmodell bzw. die potenziellen Metriken aus der Netzwerkanalyse sowie das Vorgehen zu ihrer Ermittlung bzw. Validierung werden in der Tabelle 7.4 dargestellt.

Prozesseigenschaft	Netzwerkmetrik	Indikator
Prozessgröße	Durchmesser	
Stabilität	Dichte, path length, avg. connectivity	
Kernprozess		Kundenpräsenz
Ereignisintensität	Ereignisdichte	
Automatisierbarkeit		Linearität des Netzwerkmodells
Flexibilität	Entropie	
Informationsintensität		Anzahl Informationsflüsse
Entscheidungsintensität		Anzahl (X)OR-Splits
Abstimmungsintensität		Informationsflüsse und Ereignisse
Kommunikationsintensität	Kommunikationsdichte	
Verteiltheit		Anzahl Akteure

Tabelle 7.4.: Zusammenfassung der Prozesseigenschaften und ihrer Indikatoren

Die Metriken für Stabilität und Größe von Prozessen wurden, zusammen mit einigen weiteren Indikatoren, bereits im Abschnitt 6 vorgestellt. Aus der Tabelle 7.4 wird ersichtlich, dass einige der Prozesseigenschaften bereits durch die ermittelten Netzwerkmetriken bzw. durch die Ermittlung von darauf basierenden Metriken charakterisiert werden können. Andere Eigenschaften, auch als "weiche" Prozesseigenschaften bezeichnet, müssen zunächst basierend auf dem Prozessmodell operationalisiert werden, um sie anwenden zu können. Die Operationalisierung weiterer Eigenschaften basiert auf den (angepassten) Metriken aus der Sozialen Netzwerkanalyse und den Informationsmetriken aus den Abschnitten 4.4, 6.4 bzw. 6.4.1.3. Operationalisierung bedeutet hier, dass die Prozesseigenschaften, deren Beschreibung nicht ausreicht, um sie in einem Prozessmodell eindeutig identifizieren zu können, nun anhand von bestimmten Modellelementen formalisiert werden. Abbildung 7.3.1 stellt dieses Vorgehen grafisch dar. Die operationalisierten Eigen-

[10] Statistische Auswertungen- siehe Anhang B; die Auswertungen finden alle auf dem Konfidenzintervall von 95% statt.

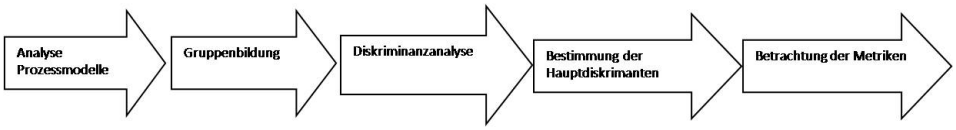


Abbildung 7.3.1.: Vorgehen zum Bestimmen der Prozessmetriken (eigene Darstellung)

schaften werden dazu verwendet, Prozessgruppen zu bilden. Die Güte dieser Gruppierung bzw. die Güte ihrer Trennfähigkeit wird anschließend mithilfe der Diskriminanzanalyse analysiert, die zugleich die Beschreibung der zugehörigen Trennfunktion liefert.

Im Folgenden wird die Ermittlung der Eigenschaften von folgenden Prozesstypen beschrieben:

- Automatisierbare Prozesse,
- Kernprozesse,
- Informationsintensive Prozesse,
- Entscheidungsintensive Prozesse,
- Abstimmungsintensive Prozesse,
- Flexible Prozesse,
- Verteilte Prozesse,
- Kommunikationsintensive Prozesse,
- Ereignisreiche Prozesse.

Diese Prozessklassen wurden bereits im Abschnitt 2.2 definiert; die dort beschriebenen Eigenschaften wurden also operationalisiert und für die entsprechende Einordnung der Prozesse während der Analyse von Prozessmodellen verwendet.

7.3.1. Automatisierbare Prozesse

Automatisierbare Prozesse werden hier als Prozesse, die wenige Entscheidungen und wenige unterschiedliche Akteure beinhalten, definiert (siehe auch Abschnitt 2.2.2). Diese Eigenschaften spiegeln sich in einem relativ linearen Verlauf des Prozesses, der insbesondere bei der Netzwerkvisualisierung sichtbar wird, wider. Diese strukturelle Eigenschaft diente als Hauptmerkmal für die Gruppenbildung der untersuchten Prozesse. Die 58 Prozessnetzwerke wurden bezogen auf ihre dargestellten Abläufe ausgewertet. Prozessnetzwerke mit einem weit verzweigten und dicht vernetzten Graphen wurden in Gruppe0- also als nicht automatisierbar- eingeteilt; Prozessnetzwerke mit einem linearen Ablauf wurden der Gruppe1- also als automatisierbar- eingeteilt (siehe auch Abbildung 7.3.2). Allerdings konnten nicht alle Prozessnetzwerke eindeutig einer Gruppe zugeordnet werden, sodass die Stichprobe letztendlich 47 Prozessnetzwerke umfasste.

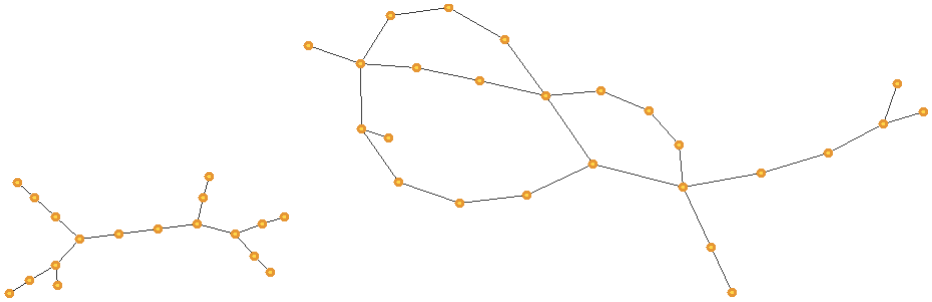


Abbildung 7.3.2.: Prozessnetzwerke: linearer (links) und nicht linearer (rechts) (eigene Darstellung)

Diese Gruppierung der Prozessnetzwerke durch visuelle Modellanalyse wurde mithilfe der Diskriminanzanalyse, in welche die klassischen Prozessmetriken und die Prozessgruppierung einbezogen wurden, untersucht. Diese Analyse ergab eine sehr gute Trennbarkeit der Diskriminanzfunktion (Signifikanzwert von Wilks' Lambda$= 2,18 * 10^{-5}$). Um die Güte der Diskriminanzfunktion zu gewährleisten, wurden die Netzwerkmetriken auf ihre Korrelation untersucht, um mögliche indirekte Einflusse auf die Diskriminanzfunktion ausschließen zu können. Die Korrelationsanalyse hat die folgende Metrikenmenge an nicht korrelierten Variablen ergeben: *avg. link strength* (LS), *avg. connectivity* (conn), *avg. reach* (reach), *avg. path length* (PL) und *clustering coefficient* (CluCo).

Nun wurde die Diskriminanzanalyse mit der neuen Variablenmenge ausgeführt. Die entstandene Funktion D_a beschreibt die Trennfunktion zwischen den beiden Prozessgruppen und erlaubt damit eine Zuordnung von Prozessen in automatisierbare und nicht automatisierbare Prozesse:

$$D_a = 0,514 - 5,923LS + 0,146conn + 0,04reach - 0,08PL + 0,006CluCo \quad (7.3.1)$$

Die Diskriminanzkoeffizienten wurden der Matrix der standardisierten Diskriminanzkoeffizienten (siehe Anhang B), die bei der Ermittlung der Diskriminanzfunktion erstellt wurde, entnommen. Der Signifikanzwert[11] der Trennbarkeit ist dabei $1,12 * 10^{-5}$. Die Metrik, die am stärksten zur Trennung der beiden Gruppen beiträgt ist die *avg. connectivity*, wobei die *avg. link strength* den größten negativen Einfluss auf die Trennbarkeit hat.

[11] (s.o.) Dieser Wert (auch als Wilks' Lamda bezeichnet) sagt aus, inwieweit die Mittelwerte der beiden Gruppen, die durch die Diskriminanzfunktion entstanden sind, voneinander verschieden sind, d.h. ob die Diskriminanzfunktion diese Gruppen gut trennt.

Bericht

DA Automatisierbarkeit

Gruppe	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	-,7918611	29	,75487570
1=automatisierbar	1,2757762	18	1,30709725
Insgesamt	,0000000	47	1,41790696

Abbildung 7.3.3.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Automatisierbarkeit

Die Berechnung der Mittelwerte der Werte der Diskriminanzfunktionen erlaubt eine Bestimmung von Schwellwerten für die zukünftige Zuordnung der Prozesse. Die Werte der Diskriminanzfunktion unter 0 weisen auf nicht automatisierbare Prozesse hin, Werte der Diskriminanzfunktion, die *größer* als 0 sind, weisen auf *automatisierbare* Prozesse hin (siehe Abbildung 7.3.3[12]).

Nun wird hier die Annahme untersucht, ob die beiden Prozessgruppen signifikant unterschiedlich in ihren Werten sind. Hierfür wurden die Variablen der Diskriminanzfunktion bezogen auf ihre Werte zwischen den beiden Gruppen verglichen. Die aufgestellte Nullhypothese war dabei, dass die Variablen sich in ihren Werten zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheiden. Die Untersuchung der Diskriminanzkoeffizienten innerhalb der Gruppen hat jedoch signifikante Unterschiede bei den Metriken der *avg. link strength* und der *avg. connectivity* ergeben. Die *avg. connectivity* von *nicht* automatisierbaren Prozessen ist mit dem Signifikanzwert von $3,37 * 10^{-6}$ signifikant *kleiner* als die der automatisierbaren Prozesse. Daraus kann abgeleitet werden, dass automatisierbare Prozesse robuster und stabiler bezogen auf Strukturänderungen als die nicht automatisierbare Prozesse sind. Die *avg. link strength* der *nicht* automatisierbaren Prozesse ist mit dem Signifikanzwert von 0,043 signifikant *größer* als die der automatisierbaren Prozesse. Diese Tatsache stimmt mit der Annahme überein[13], dass Prozesse mit einer geringen Kommunikationsaktivität die Automatisierung begünstigen[14]. Damit kann die oben aufgestellte Nullhypothese, dass die Werte der Variablen der Diskriminanzfunktion sich zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheiden, auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ verworfen werden.

Zusammenfassend können die Eigenschaften der automatisierbaren Prozesse so umrissen werden, dass diese sich durch gute Vernetzung der Elemente und somit durch *Stabilität* und *Robustheit* in ihren Abläufen sowie durch eine *geringe Kommunikationsaktivität*, die in den kleineren Werten der *avg. link strength* Metrik widergespiegelt wird, ausweisen.

[12] Alle Ergebnisse der SPSS-Analyse sind eigene Darstellung.
[13] Siehe auch Abschnitt 2.2.2 für die Übersicht der Eigenschaften von automatisierbaren Prozessen.
[14] Auswertungsergebnisse siehe Anhang B.

7.3.2. Kernprozesse

Kernprozesse werden hier als Geschäftsprozesse definiert, die direkt zur Wertschöpfung des Unternehmens beitragen und somit unter Einbeziehung des Kunden bzw. durch das direkte Ankommen des Auftrags ausgelöst werden (siehe auch Abschnitt 2.2 zur Definition). Für die Gruppierung der Prozesse wird zunächst also die Charakteristik der *Kundenpräsenz* definiert. Als Kunde werden hier sowohl externe als auch interne Auftraggeber (Prozesskunde) bezeichnet. Nun werden die 58 Prozessmodelle bezüglich dieses Merkmals analysiert und die Prozesse entsprechenden Gruppen zugeordnet. Prozesse, die einen Kunden bzw. einen Prozesskunden beinhalten, werden der Gruppe 1 zugeordnet; Prozesse ohne einen eindeutigen, d.h. modellierten, (Prozess-)Kunden werden der Gruppe 0 zugeordnet. Bei der Analyse konnten nicht alle 58 Prozesse einer Gruppe zugeordnet werden. So betrug der Stichprobenumfang 55 Prozessnetzwerke. Die durchgeführte Diskriminanzanalyse weist unter der Berücksichtigung aller Netzwerkmetriken, allerdings ohne die Knotenzahl des Netzwerks zu berücksichtigen, eine gute Trennbarkeit mit dem Signifikanzwert des Wilks' Lambda von 0,001 auf. Auch hier wird die Diskriminanzanalyse noch einmal mit ausschließlich unkorrelierten Metriken wiederholt. Die entstandene Funktion D_c erlaubt die Zuordnung der Prozesse zu den Kernprozessen:

$$D_c = 8,894 - 6,447LS + 0,144conn - 0,034reach - 0,08PL - 0,016CluCo \quad (7.3.2)$$

Der Signifikanzwert der Trennbarkeit ist dabei $1,62*10^{-5}$. Die Metrik, die am stärksten zur Trennung der beiden Gruppen beiträgt ist die *avg. connectivity*, wobei die *avg. link strength* den größten negativen Einfluss auf die Trennbarkeit hat.

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

Gruppe	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	,7188515	33	1,23948046
1=Kernprozess	-1,0782772	22	,42750783
Insgesamt	,0000000	55	1,33077297

Abbildung 7.3.4.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Kernprozesse

Die Berechnung der Mittelwerte der Werte der Diskriminanzfunktionen erlaubt die Bestimmung von Schwellwerten für die zukünftige Zuordnung der Prozesse. Prozesse mit den Werten der Diskriminanzfunktion über 0 können der Gruppe 0, also den nicht-Kernprozessen zugeordnet werden, während die Prozesse mit den Werten der Diskriminanzfunktion *kleiner* 0 als *Kernprozesse* klassifiziert werden können.

Die Untersuchung der Diskriminanzvariablen zwischen den Gruppen hat einen signifikanten Unterschied, mit dem Signifikanzwert von $1,17*10^{-3}$, bei der Metrik *avg. connectivity* ergeben. So haben die *Kernprozesse* eine *kleinere avg. connectivity* als nicht- Kernprozesse[15]. Das bedeutet, dass Kernprozesse potenziell anfällig bezüglich der Veränderung ihrer Struktur und somit *weniger stabil* im Vergleich zu nicht-Kernprozessen sind. Zudem

[15] siehe Anhang B.

kann davon ausgegangen werden, dass die Veränderungen der Kernprozesse potenziell zu Veränderungen der unterstützenden Prozesse führen kann.

7.3.3. Informationsintensive Prozesse

Im Abschnitt 2.2 wurden informationsintensive Prozesse als informationsbasierte Prozesse mit hoher planbarer Anzahl von informationsgenerierender und –anfragender Tätigkeiten, definiert. Um die entsprechenden Netzwerkmetriken für diese Art von Prozessen identifizieren zu können, wurden die BPMN-Prozessmodelle und Prozessbeschreibungen bezüglich der informationsgenerierender und –anfragender Aktivitäten analysiert. Als Indikator wurde die Anzahl der *Informationsflüsse* zwischen den *pools* und *lanes* der Prozessabläufe verwendet. Die resultierende Anzahl wurde anschließend durch die Anzahl der Prozessknoten geteilt, um diese zu *normalisieren* und somit vergleichbar zu machen.

Die Prozesse wurden nun entsprechend diesen normierten Werten aufsteigend sortiert und der *Median* dieser Werte wurde ermittelt. Prozesse mit dem normierten Wert der Informationsflüsse, der unter dem Median-Wert lag, wurden der Gruppe 0 zugeteilt. Prozesse mit dem normierten Wert der Informationsflüsse, der über dem Median lag, wurden der Gruppe 1 zugeteilt; Prozesse aus dieser Gruppe werden im Folgenden als *informationsintensive* Prozesse bezeichnet.

Um die Eigenschaften informationsintensiver Prozesse genauer untersuchen zu können, werden nun Nullhypothesen gebildet, die anschließend überprüft werden sollen:

Hypothese I.0: Die betrachteten Prozesse können *nicht* eindeutig in informationsintensive und nicht informationsintensive Prozesse aufgeteilt werden.

Hypothese I.1: Netzwerkmetriken informationsintensiver Prozesse unterscheiden sich *nicht* in ihren Ausprägungen von Netzwerkmetriken nicht informationsintensiver Prozesse.

Sollte die Nullhypothese I.1 im Laufe der Untersuchung verworfen werden, wird die Frage untersucht, ob sich die Mittelwerte bestimmter Metriken bei den informationsintensiven Prozessen signifikant von den Mittelwerten der gleichen Metriken der nicht informationsintensiven Prozesse unterscheiden:

Hypothese I.2: Informationsintensive Prozesse besitzen eine *höhere avg. betweenness centrality, avg. connectivity, avg. closeness centrality, avg. degree centrality* und Dichte als die nicht informationsintensiven Prozesse.

Diese Nullhypothese basiert auf der Annahme, dass bei informationsintensiven Prozessen ein Informationsaustausch zu beobachten ist, der zunächst zu einer höheren Vernetztheit der Akteure führt, jedoch lediglich nur von wenigen Knoten ausgeführt wird. Die Nullhypothese I.3 soll Aufschluss über die Informationselemente im Prozess geben:

Hypothese I.3: Informationsintensive Prozesse weisen *niedrigere* Mittelwerte bei der Anzahl der *links* und *linkevents* auf.

Um die oben aufgestellten Nullhypothesen testen zu können, wurde das Verfahren der Diskriminanzanalyse bzw. das statistische Testen mithilfe des t-Tests auf die definierten Prozessgruppen (1= informationsintensiv; 0= nicht informationsintensiv) angewendet. Die Diskriminanzfunktion (basierend auf den unkorrelierten Netzwerkmetriken) für informationsintensive Prozesse D_i hat die Form:

$$D_i = -10,421 + 4,473LS - 0,106conn + 0,06reach + 0,204PL + 0,03CluCo \quad (7.3.3)$$

Der Signifikanzwert des Wilks' Lambda beträgt bei dieser Funktion 0,046 und ist ein Hinweis für ihre gute Trennfähigkeit. Damit kann die *Nullhypothese I.0 verworfen* werden. Die Funktion D_i kann beide Prozessgruppen eindeutig von einander trennen. Die *avg. path length* hat hier den größten positiven Einfluss auf die Trennbarkeit der Gruppen, wohingegen die *avg. connectivity* einen negativen Wert aufweist.

Weitere Untersuchung der Variablen der Diskriminanzfunktion hat einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen mit dem Signifikanzwert von 0,008 in der Metrik *avg. connectivity* ergeben. So ist die *avg. connectivity* bei nicht informationsintensiven Prozessen *größer* als bei informationsintensiven Prozessen. Somit können diese auch als weniger stabil bezeichnet werden. Damit kann auch die *Nullhypothese I.1 verworfen* werden, da die Aussage, dass alle Netzwerkmetriken der informationsintensiven Prozesse und die Metriken der nicht informationsintensiven Prozesse gleich sind, hier nicht unterstützt werden kann. Die informationsintensiven Prozesse unterscheiden sich signifikant in der Metrik der *avg. connectivity* von nicht informationsintensiven Prozessen.

Durch die Ermittlung der Mittelwerte der Diskriminanzfunktion kann erwartet werden, dass Werte, die kleiner 0 sind, auf nicht informationsintensive Prozesse hinweisen; bei Werten der Diskriminanzkoeffizienten *größer* 0 ist der Prozess als *informationsintensiv* einzuordnen (siehe Abbildung 7.3.5).

Bericht

DAkorrAna Metriken

InfoMedian0.2105	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	-,4606456	30	1,09326098
1= informationsintensiv	,4935488	28	,88899928
Insgesamt	,0000000	58	1,10172403

Abbildung 7.3.5.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: informationsintensive Prozesse

Neben der Typisierung der Prozesse, werden im Weiteren die Ausprägungen ausgewählter Netzwerkmetriken untersucht. In der *Nullhypothese I.2* wird die Behauptung aufgestellt, dass die auf den Informationstransport bezogenen Metriken bei informationsintensiven Prozessen stärker ausgeprägt sind. Um diese Aussage zu untersuchen, wurde eine Analyse der Mittelwerte dieser Metriken durchgeführt. Der zwei-seitige t-Test ergab signifikante Unterschiede auf einem Signifikanzniveau von 5% bei folgenden Metriken:

- Dichte: Signifikanzwert von 0,001
- avg. Degree Centrality: Signifikanzwert von 0,001

- avg. Betweenness Centrality: Signifikanzwert von 0,008
- avg. Closeness Centrality: Signifikanzwert von 0,033
- avg. Connectivity: Signifikanzwert von 0,008

Das bedeutet, dass diese Metriken in den beiden Gruppen signifikant unterschiedlich sind. Allerdings erwiesen sich die entsprechenden Mittelwerte der informationsintensiven Prozesse als signifikant *kleiner* im Vergleich zu nicht informationsintensiven Prozessen. Somit muss auch die *Nullhypothese I.2* hier *verworfen* werden.

Die Mittelwerte der Anzahl der *links* bzw. der *linkevents* bei den als informationsintensiv gekennzeichneten Prozessen weichen signifikant von den Mittelwerten der nicht informationsintensiven Prozesse mit dem Signifikanzwert von 0,008 bzw. 0,006 ab. Dabei ist die Anzahl der *linkevents* und *links* bei *informationsintensiven* Prozessen signifikant *größer* als bei nicht informationsintensiven Prozessen. Die *Nullhypothese I.3* muss hier also *verworfen* werden.

Zusammenfassend sind für informationsintensive Prozesse also folgende Aspekte kennzeichnend:

- Informationsintensive Prozesse weisen signifikant andere Ausprägungen der Netzwerkgrößen als die nicht informationsintensiven Prozesse auf; Somit kann die Gruppe der informationsintensiven Prozesse eindeutig von anderen Prozessgruppen abgegrenzt werden.

- Die *avg. path length* hat einen positiven Einfluss auf die Trennbarkeit der informationsintensiven von nicht informationsintensiven Prozessen. Das bedeutet, dass je länger die Wege im Prozess sind, desto informationsintensiver sind sie. Gleichzeitig beeinflusst die Verbundenheit (*conn*) im Prozess die Trennung negativ; das bedeutet, je verbundener ein Prozess ist, desto weniger informationsintensiv ist er. Für die Istanalyse bedeutet das, dass die informationsintensiven Prozesse längere Wege zwischen den Akteuren und somit eine geringere Effizienz bei der Informationsübermittlung aufweisen.

- Sie weisen gegenüber nicht informationsintensiven Prozessen eine *kleinere* Dichte und Konnektivität und damit eine geringere (strukturelle) Stabilität sowie Eigenschaften eines Kommunikationsnetzwerks auf. Diese Eigenschaft kann darauf zurückgeführt werden, dass bei der Bestimmung der Informationsintensivität auch die Interaktion mit anderen Prozessakteuren berücksichtigt wurde.

- Der signifikant *höhere* Mittelwert der Anzahl der *linkevents* und *links* in den Prozessen unterstreicht die Eigenschaft der informationsintensiven Prozesse, da hier im Mittel eindeutig mehr Informationen und Daten zwischen den Knoten ausgetauscht wird.

- Die hohen durchschnittlichen *avg. betwenness* und *closeness centrality* -Werte sind häufig ein Zeichen von Abhängigkeit der Knoten von einem oder mehreren anderen Knoten. Die informationsintensiven Prozesse weisen bei beiden Metriken *niedrigere* Werte als Prozesse, die als nicht informationsintensiv eingestuft wurden, auf.

Diese Tatsache deutet darauf hin, dass die Aktivitäten autonom von einander ausgeführt werden. Die benötigten Informationen stammen also nicht primär aus den Ausführungen, sondern aus der Kommunikation der beteiligten Akteure.

7.3.4. Entscheidungsintensive Prozesse

Im Abschnitt 2.2 wurden entscheidungsintensive Prozesse als informations- und wissensbasierte Prozesse in deren wiederholtem Verlauf Entscheidungen über den weiteren Prozessablauf getroffen werden müssen, definiert. Hier werden also operative Entscheidungen (siehe Abschnitt 3.1.3) betrachtet. Um die entsprechenden Netzwerkmetriken für diese Art von Prozessen identifizieren zu können, wurden die BPMN-Prozessmodelle und Prozessbeschreibungen bezüglich der oben aufgezählten Merkmale überprüft. Als Indikator wurde die Anzahl der *OR-* und *XOR-Splits* im Prozessmodell verwendet. Das weitere Vorgehen basiert auf dem Vorgehen der Gruppendefinition und Trennbarkeitsauswertung, das auch bei der Analyse der informationsintensiven Prozesse angewendet wurde. Die resultierende Anzahl der Splits wurde anschließend durch die Anzahl der Prozessknoten geteilt, um diese zu normalisieren und vergleichbar zu machen. Die Prozesse wurden entsprechend dieser normierten Werte aufsteigend sortiert und der *Median* dieser Werte ermittelt. Die Prozesse mit dem normierten Wert der Splits, der unter dem Median-Wert lag, wurden der Gruppe 0 zugeteilt. Die Prozesse mit dem normierten Wert der Splits, der über dem Median lag, wurden der Gruppe 1 zugeteilt; diese werden nun als entscheidungsintensive Prozesse bezeichnet.

Nun wurden Nullhypothesen bezüglich der entscheidungsintensiven Prozesse gebildet, die anschließend getestet werden sollen:

Hypothese E.0: Die betrachteten Prozesse können *nicht* eindeutig in entscheidungsintensive und nicht entscheidungsintensive Prozesse aufgeteilt werden.

Hypothese E.1: Netzwerkmetriken entscheidungsintensiver Prozesse unterscheiden sich *nicht* in ihren Ausprägungen von Netzwerkmetriken nicht entscheidungsintensiver Prozesse.

Sollte die *Nullhypothese E.1* im Laufe der Untersuchung verworfen werden, wird die Frage untersucht, ob sich die Mittelwerte der Ausprägungen für die entscheidungsintensiven Prozesse signifikant unterscheiden:

Hypothese E.2: Entscheidungsintensive Prozesse besitzen eine *höhere avg. betweenness centrality* und eine höhere Verbundenheit (*avg. connectivity*) als nicht entscheidungsintensive Prozesse.

Diese Nullhypothese basiert auf der *Annahme*, dass in entscheidungsintensiven Prozessen die Kontrolle des Kommunikationsflusses verstärkt durch einzelne Knoten statt findet; auch wird hierbei davon ausgegangen, dass die entscheidungsintensiven Prozesse eine höhere Vernetztheit der Akteure erfordert, die bereits in dem Prozessmodell eingefangen wurde.

Hypothese E.3: Entscheidungsintensive Prozesse weisen im Mittel eine *geringere* Anzahl an *links* und *linkevents* als nicht entscheidungsintensive Prozesse auf.

Die Nullhypothese E.3 zielt darauf ab, die Informationsstrukturen im Prozessnetzwerk zu erfassen.

Um die oben aufgestellten Nullhypothesen testen zu können, wurde das Verfahren der Diskriminanzanalyse auf die definierten Prozessgruppen (1= entscheidungsintensiv; 0= nicht entscheidungsintensiv) und unkorrelierte Netzwerkmetriken angewendet[16]. Die resultierende Diskriminanzfunktion D_e lautet:

$$D_e = -20,554 + 16,805LS - 0,081conn + 0,045reach - 0,104PL + 0,062CluCo \quad (7.3.4)$$

Der Signifikanzwert des Wilks' Lambda beträgt 0,045 und deutet somit auf eine gute Trennfähigkeit dieser Funktion hin. Damit kann die *Nullhypothese E.0 verworfen* werden. Die *avg. link strength* weist bei diesen Prozessen einen starken positiven Einfluss auf, während die *avg. connectivity* und *avg. path length* negative Werte aufweisen.

Auch hier führt die weitere Analyse der Diskriminanzfunktionskoeffizienten zum Ergebnis, dass die Variable *avg. connectivy* sich in den beiden Prozessgruppen signifikant unterscheidet. Der Signifikanzwert beträgt hier 0,035. Dabei ist die Verbundenheitsmetrik bei den nicht entscheidungsintensiven Prozessen *höher* als bei entscheidungsintensiven. Daraus lässt sich ableiten, dass auch die entscheidungsintensiven Prozesse weniger robust sind als nicht entscheidungsintensive. Damit kann auch die *Nullhypothese E.1 verworfen* werden. Diese Ausprägung der Metriken kann zudem Hinweise bezüglich der Eigenschaften entscheidungsintensiver Prozesse geben: die Kommunikation zwischen Netzwerkknoten (ausgedrückt durch die *link strength*) fördert die Entscheidungsintensität, während höhere Vernetztheit und größere Distanzen zwischen den Akteuren die Entscheidungsintensität hemmen.

Die weitere Auswertung zeigt, dass bei den Werten der Diskriminanzfunktion, die kleiner 0 sind, der Prozess als nicht entscheidungsintensiv eingeordnet werden kann; bei Werten der Diskriminanzfunktion *größer* 0 ist der Prozess als *entscheidungsintensiv* einzuordnen (siehe Abbildung 7.3.6).

Bericht

DA_Entsch_korrAna

EntschMedian0.1962	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	-,4773614	29	1,08156299
1= entscheidungsintensiv	,4773614	29	,91116491
Insgesamt	,0000000	58	1,10196542

Abbildung 7.3.6.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: entscheidungsintensive Prozesse

Neben der Typisierung der Prozesse, werden im Weiteren die Ausprägungen ausgewählter Netzwerkmetriken untersucht. *Nullhypothese E.2* stellt diesbezüglich unterschiedliche

[16] Siehe Anhang B.

Aussagen auf. Die Analyse der Metriken mithilfe des zwei-seitigen t-Tests ergab signifikante Unterschiede beim Signifikanzniveau von 5% bei den folgenden Metriken:
- avg. Betweenness Centrality: Signifikanzwert von 0,008
- avg. Connectivity: Signifikanzwert von 0,008

Allerdings erwiesen sich die entsprechenden Mittelwerte der *entscheidungsintensiven* Prozesse als signifikant *kleiner* im Vergleich zu nicht entscheidungsintensiven Prozessen. Somit muss auch die *Nullhypothese E.2* hier *verworfen* werden. Die Werte der *avg. degree* und *closeness centrality* weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf.

Die Analyse der Mittelwerte der Anzahl der *linkevents* hat gezeigt, dass die Mittelwerte in den entscheidungsintensiven Prozessen nicht signifikant größer sind, als die Mittelwerte der nicht entscheidungsintensiven Prozesse: der Signifikanzwert beträgt 0,064 und ist somit größer als das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$. Der Mittelwert der Anzahl der *links* bei den entscheidungsintensiven Prozessen ist jedoch signifikant *höher* als bei nicht entscheidungsintensiven Prozessen mit dem Signifikanzwert von 0,047. Die *Nullhypothese E.3* kann hier also *nicht vollständig* (auf dem Signifikanzniveau von 5%) verworfen werden. Sie kann jedoch auf einem Signifikanzniveau von 10% vollständig verworfen werden.

Zusammenfassend können folgende Aspekte für entscheidungsintensive Prozesse als kennzeichnend betrachtet werden:

- Entscheidungsintensive Prozesse weisen signifikant andere Ausprägungen der Netzwerkgrößen als nicht entscheidungsintensive Prozesse und somit ein anderes Verhalten auf.

- Entscheidungsintensive Prozesse besitzen signifikant kleinere Werte der Ausprägungen der *avg. betweenness centrality*. Das kann ein Hinweis darauf sein, dass die hohen *betweenness centrality*-Werte, die auf ein Abhängigkeitsverhältnis der anderen Knoten mit dem Knoten mit dem hohen *betweenness centrality* Wert hindeuten können, auf einzelne wenige Knoten, die Entscheidungstrigger oder –Empfänger, konzentriert sind. Diese Tatsache wird bei der Betrachtung der Rollen der Prozessaktivitäten näher untersucht werden.

- Die niedrigen Werte der Verbundenheit in Netzwerken der ereignisintensiven Prozesse deuten eine Unstabilität des Prozesses an, die darauf zurückgeführt werden kann, dass der Prozessverlauf von den Entscheidungen, die von bestimmten Knoten getroffen werden, abhängen kann. Diese Vermutung soll bei der Betrachtung der Prozessaktivitäten näher untersucht werden.

- Das Fehlen der Unterschiede bei den Metriken der *avg. degree* und *closeness centrality* sowie Anzahl der *linkevents* zeigt, dass nicht die Menge der Kommunikation im Prozess für die entscheidungsintensiven Prozesse kennzeichnend ist, sondern ihre Verteilung durch bestimmte Netzwerkakteure.

7.3.5. Abstimmungsintensive Prozesse

Werden die Eigenschaften der informations- und entscheidungsintensiven Prozesse kombiniert, kann ein weiterer Prozesstyp, hier als abstimmungsintensiver Prozess bezeichnet, definiert werden. Prozesse von diesem Typ erfordern sowohl Entscheidungen als auch das Auffinden und Anfragen von verteilt gelagerten Informationen, um den Prozessablauf zu unterstützen. Diese Prozesse werden hier als *abstimmungsintensive* Prozesse bezeichnet. Diese Prozesse können wenig strukturiert sein und erfordern, im Gegensatz zu entscheidungsinformationsintensiven Prozessen, eine Kooperation mit anderen Prozessbeteiligten im gesamten Prozessablauf. Um die Eigenschaften dieser Prozesse zu analysieren, wurde folgende Gruppenbildung vorgenommen: Die Prozesse, die bereits sowohl als entscheidungs- als auch als informationsintensiv eingeordnet wurden, wurden der Gruppe 1 zugeteilt und werden nun als abstimmungsintensiv bezeichnet. Prozesse, die als nicht entscheidungsintensiv *oder* nicht informationsintensiv identifiziert wurden, wurden der Gruppe 0 zugeteilt und werden nun als nicht abstimmungsintensiv bezeichnet.

Nun wurden, wie bereits bei der Untersuchung der vorhergehenden Prozesstypen, Nullhypothesen bezüglich der abstimmungsintensiven Prozesse formuliert, die anschließend getestet werden sollen:

Hypothese IE.0: Die betrachteten Prozesse können *nicht* eindeutig in abstimmungsintensive und nicht abstimmungsintensive Prozesse kategorisiert werden.

Hypothese IE.1: Netzwerkmetriken abstimmungsintensiver Prozesse unterscheiden sich *nicht* in ihren Ausprägungen von Netzwerkmetriken nicht abstimmungsintensiver Prozesse.

Sollte die Nullhypothese IE.1 im Laufe der Untersuchung verworfen werden, wird die Frage untersucht, ob sich die Mittelwerte der Ausprägungen für die abstimmungsintensiven Prozesse signifikant unterscheiden:

Hypothese IE.2: Abstimmungsintensive Prozesse besitzen eine *höhere avg. betweenness centrality* und Verbundenheit (*conn*) sowie eine *niedrigere avg. closeness centrality* als nicht abstimmungsintensive Prozesse.

Hypothese IE.3: Abstimmungsintensive Prozesse haben im Mittel eine *geringere* Anzahl von *links* und *linkevents* als nicht abstimmungsintensive Prozesse.

Hypothese IE.4: Abstimmungsintensive Prozesse haben eine *größere* Dichte als nicht abstimmungsintensive Prozesse.

Um diese Nullhypothesen testen zu können, wurde wie bereits oben geschildert das Verfahren der Diskriminanzanalyse, auf die definierten Prozessgruppen (1= abstimmungsintensiv; 0= nicht abstimmungsintensiv) angewendet. Zur Trennung dieser Gruppen, muss nun eine Trennfunktion gesucht werden. Diese Diskriminanzfunktion D_{ab}, erstellt basierend auf den unkorrelierten Netzwerkmetriken, sieht nun wie folgt aus:

$$D_{ab} = -12,694 + 9,278LS - 0,108conn + 0,034reach + 0,235PL + 0,004CluCo \quad (7.3.5)$$

Die gute Trennfähigkeit der entstandenen Diskriminanzfunktion wird von dem Signifikanzwert bestätigt [17]. Der Wert von Wilks' Lambda beträgt 0,045. Damit kann die *Nullhypothese IE.0* auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ *verworfen* werden.

Auch hier führt die weitere Analyse zum Ergebnis, dass die *avg. connectivity* bei den beiden Prozessgruppen signifikant unterschiedlich ist (Signifikanzwert von $2,22 * 10^{-5}$). Dabei ist sie bei den nicht abstimmungsintensiven Prozessen *höher* als bei abstimmungsintensiven. Die potenzielle Sensibilität bezüglich der strukturellen Veränderungen im Prozessablauf kann bei diesem Prozesstyp besonders gut nachvollzogen werden, da das Prozessziel maßgeblich von der Koordination und Kooperation der Akteure untereinander abhängt. Jegliche Veränderung der Struktur hätte somit Auswirkungen auf den weiteren Verlauf und letztendlich auf das Prozessziel. Somit kann auch die *Nullhypothese IE.1 verworfen* werden.

Nun sollen die Grenzwerte bestimmt werden, die Aussagen über die Einordung neuer Prozesse bezüglich ihrer Abstimmungseigenschaft erlauben. Dafür werden die Mittelwerte der im Laufe der Diskriminanzanalyse erzeugten Werte gebildet. Als Ergebnis kann gesagt werden, dass bei den Werten der Diskriminanzfunktion kleiner 0 der Prozess als nicht abstimmungsintensiv eingeordnet werden kann; bei Werten der Diskriminanzkoeffizienten *größer* 0 ist der Prozess als *abstimmungsintensiv* einzuordnen (siehe Abbildung 7.3.7).

Bericht

DA_EI_korrAna

EntschInfoBinär	Mittelwert	N	Standardabweichung
,00	-,2439150	46	1,06798178
1,00=abstimmungsintensiv	,9350075	12	,65182758
Insgesamt	,0000000	58	1,10205245

Abbildung 7.3.7.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: abstimmungsintensive Prozesse

Neben der Typisierung der Prozesse, werden auch hier die Ausprägungen ausgewählter Netzwerkmetriken untersucht. Die Analyse der Mittelwerte der für die Trennbarkeit der Prozessgruppen ausschlaggebenden Metriken mithilfe des zwei-seitigen t-Tests ergab signifikante Unterschiede auf dem Signifikanzniveau von 5% bei folgenden Metriken:

- avg. Betweenness Centrality: Signifikanz von $6,09 * 10^{-5}$
- avg. Connectivity: Signifikanz von $2,18 * 10^{-5}$

Bei den Metriken *avg. closeness centrality* und durchschnittliche Reichweite (*reach*), konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ermittelt werden. Allerdings erwiesen sich die entsprechenden Mittelwerte sowohl der *avg. betweenness* und *degree centrality* als auch die der *avg. connectivity* der abstimmungsintensiven Prozesse als signifikant *kleiner* im Vergleich zu nicht abstimmungsintensiven Prozessen. Somit muss auch die *Nullhypothese IE.2* hier *verworfen* werden. Der Mittelwert der Anzahl der *links* bzw. *linkevents* bei als *abstimmungsintensiv* bezeichneten Prozessen ist mit dem Signifikanzwert von 0,017 bzw. 0,018 signifikant *höher* als bei nicht abstimmungsinten-

[17] Siehe Anhang digital: SPSS_Dokumente.

siven Prozessen. Die *Nullhypothese IE.3* muss hier also ebenfalls *verworfen* werden. Die Signifikanzwerte sind zudem auch größer als bei informationsintensiven Prozessen.

Die Dichte eines Graphen gibt das Verhältnis zwischen den tatsächlichen und den möglichen Kanten, also Verbindungen im Netzwerk, an. Je größer die Werte dieser Metrik, desto enger verbunden ist das Netzwerk. Gleichzeitig sind eng verbundene Graphen auch unstabil, da die Entfernung von wenigen Knoten bereits zur Änderung der Netzwerkstruktur führen kann. Durch den Test der *Nullhypothese IE.4* soll untersucht werden, ob die Aktivitäten in abstimmungsintensiven Prozessen dichter vernetzt und die Prozesse somit weniger flexibel gestaltet sind. Der t-Test für zwei unabhängige Stichproben auf dem Signifikanzniveau von 5% ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Dichten der beiden Prozessarten. Allerdings erwies sich die Dichte der als *abstimmungsintensiv* gekennzeichneten Prozesse als signifikant *kleiner* als die der nicht abstimmungsintensiven Prozesse mit dem Signifikanzwert von 0,007. Die *Nullhypothese IE.4* muss hier also *verworfen* werden (siehe Anhang B).

Zusammenfassend können folgende Aspekte für abstimmungsintensive Prozesse als kennzeichnend betrachtet werden:

- Abstimmungsintensive Prozesse weisen signifikant andere Ausprägungen der Netzwerkgrößen als nicht abstimmungsintensive Prozesse und somit ein anderes Verhalten auf.
- Abstimmungsintensive Prozesse weisen ähnliche Ausprägungen der Netzwerkmetriken wie informations- und entscheidungsintensive Prozesse auf. Das bedeutet, dass auch die abstimmungsintensiven Prozesse eine relativ labile Struktur aufweisen. Diese Eigenschaft wird als ein Hinweis bezüglich der unterschiedlichen Rollenverteilung der Aktivitäten bezogen auf ihr Informationsverhalten interpretiert und soll bei der Untersuchung der Aktivitätenmetriken berücksichtigt werden.
- Abstimmungsintensive Prozesse zeichnen sich entsprechend durch eine signifikant größere Anzahl sowohl von *links* (Abstimmung zwischen mehreren Akteuren) als auch von *linkevents* (Häufigkeit der Kommunikation) sowie kleiner Dichte aus.

7.3.6. Flexible Prozesse

Flexibilität von Prozessen wurde im Abschnitt 6 als eine der häufig untersuchten Prozesseigenschaften eingeführt. Dabei wurde auch der Begriff der Operationsflexibilität von Sethi and Sethi (1990) erläutert. Demnach besteht die Operationsflexibilität darin, ein Produkt auf alternativen Prozesspfaden herstellen zu können. So wird hier untersucht, ob die betrachteten Prozesse in flexible und weniger flexible Prozesse eingeteilt werden können. Hierfür werden die *Entropiewerte der Zentralitäten* untersucht, da so der Fokus auf die kontroll- aber auch auf die Informationsflüsse in Prozessen gelegt werden kann (siehe auch Park and Yilmaz (2010)). Dabei wird angenommen, dass die Entropieverteilung die Zerstreutheit der Beziehungen im Netzwerk indiziert und somit auch Hinweise bezüglich der alternativen Ablaufpfade und „Abkürzungen“ im Prozess bietet (Park and Yilmaz (2010)). Des Weiteren wurde für die Untersuchung angenommen, dass Prozesse

mit einer kleineren Entropie flexibler als Prozesse mit einer großen Entropie sind (siehe Definition der Entropie im Abschnitt 4.4.1).

Um eine Gruppenaufteilung vornehmen zu können, wurden die Entropiewerte der drei Zentralitäten berechnet. Dazu wurde das Histogramm der jeweiligen Zentralitätenwerten pro Knoten in jedem Prozess ermittelt und in eine Wahrscheinlichkeitsverteilung überführt. Anschließend wurde die Entropie berechnet (siehe Abschnitt 4.4.1). Anhand des Medians der so entstandenen Werte wurde die Gruppeneinteilung der Prozesse vorgenommen. Prozesse mit Werten über dem Medianwert wurden der Gruppe 1 (nicht flexibel) und Prozesse mit den Werten unter dem Medianwert wurden der Gruppe 0 (flexibel) zugeordnet.

Um die Trennbarkeit der Gruppen formalisieren zu können, wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Dabei wurden die erweiterten Netzwerkmetriken ohne die Berücksichtigung von Metriken: *number of nodes, number of links, number of linkevents* und *diameter* als Diskriminanzvariablen einbezogen. Es wurden die Wertegruppen der drei Zentralitätentropien untersucht: EntropieDC, EntropieBC und EntropieCC bezeichnen entsprechend die Entropiewerte der *avg. degree, betweenness* und *closeness* Zentralitäten[18]. Die Signifikanzwerte der Trennbarkeit betragen bei der EntropieBC: $1,42 * 10^{-9}$, bei Entropie der a*vg. closeness centrality*: $3,47 * 10^{-10}$, bei Entropie der *avg. degree centrality*: $5,08 * 10^{-10}$.

Nun sollen die Mittelwerte der entstandenen Werte der Diskriminanzfunktion berechnet werden, um neue Prozesse entsprechend ihrer Flexibilität einordnen zu können (siehe Abbildung 7.3.8).

Im Laufe der Untersuchung wurde es deutlich, dass die Diskriminanzfunktionen von der jeweiligen Entropie beeinflusst wurden, d.h. dass wenn die Prozesse im Bezug auf die *betweenness centrality*-Werte untersucht wurden, war auch die EntropieBC die Metrik, die den größten positiven Einfluss auf die Trennbarkeit der Gruppen hatte. So liegt es nahe, lediglich den Entropiewert einer Zentralität als Variable der Diskriminanzfunktion einzubeziehen. Die Signifikanzwerte für die Trennfähigkeit dieser Funktionen fallen dabei wie folgt aus:

- Diskriminanzfunktion mit Entropie der avg. *degree centrality* als einzige Variable: 0,056

- Diskriminanzfunktion mit Entropie der avg. *closeness centrality* als einzige Variable: $5,73 * 10^{-16}$

- Diskriminanzfunktion mit Entropie der avg. *betweenness centrality* als einzige Variable: 0,001

Daraus ergibt sich eine sehr gute Trennfähigkeit der Diskriminanzfunktionen, die auf den Entropiewerten der *avg. closeness* bzw. *betweenness centrality* basieren. Die Trennfähigkeit der Diskriminanzfunktion, die auf den Werten der Entropien der *avg. degree centrality* basieren, ist dagegen auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ als nicht signifikant zu bezeichnen. Diese Funktion verfügt allerdings über eine gute Trennfähigkeit auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 10\%$. Die Untersuchung der Signifikanz der Unterschiede der jeweiligen Mittelwerte der Diskriminanzfunktionen ergibt ebenfalls signifikante Dif-

[18]Siehe Abschnitt 6.4 zur Definition der Metriken sowie Anhang B für die Auswertungsergebnisse.

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1= Entropie Closeness Centrality

GruppeCC	Mittelwert	N	Standardabweichung
0= flexibel	-1,4760484	29	,91355714
1	1,4760484	29	1,07954312
Insgesamt	,0000000	58	1,78868618

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1= Entropie Betweenness Centrality

GruppeBC	Mittelwert	N	Standardabweichung
0= flexibel	-,4810994	29	,14750532
1	,4810994	29	1,40649998
Insgesamt	,0000000	58	1,10361831

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1= Entropie Degree Centrality

GruppeDC	Mittelwert	N	Standardabweichung
0= flexibel	-,2476876	30	,02601618
1	,2653796	28	1,43991218
Insgesamt	,0000000	58	1,02437326

Abbildung 7.3.8.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: flexible Prozesse

ferenzen zwischen den Werten bei Prozessgruppen mit hoher *betweenness* und *closeness centrality* Entropie, jedoch nicht bei Prozessgruppen, die durch ihre Entropiewerte der *degree centrality* getrennt werden sollen[19].

Die Betrachtung der Mittelwerte ergibt, dass Prozesse mit Werten der Diskriminanzfunktionen mit der Entropieverteilung der Zentralitäten als Variablen die *unter* 0 liegen, als *flexibel* im Sinne der operationellen Flexibilität eingeordnet werden können (siehe Abbildung 7.3.8).

Da die operationelle Flexibilität durch die Alternativpfade innerhalb der Prozesse definiert wird, kann hier eine Überschneidung bezüglich der Definition von entscheidungsintensiven Prozessen bestehen, da sie ebenfalls anhand der alternativen Abläufe innerhalb des Prozesses definiert wurden. Um dies zu überprüfen, wurde eine erneute Untersuchung der Prozesse durchgeführt[20]. Dafür wurde der Mittelwert der Werte der Diskriminanzfunktionen der Prozesse berechnet, die in Gruppe1 der entsprechenden Zentralitätsentropie bzw. als entscheidungsintensive Prozesse eingeordnet wurden[21]. Der Unterschied der Mittelwerte der mit hoher Entropie eingeordneter Prozesse und derjenigen, die als

[19] Siehe Anhang B.
[20] Siehe Anhang B.
[21] Siehe Anhang B.

entscheidungsintensiv bezeichnet wurden, wird auf seine Signifikanz mithilfe des t-Test auf dem Signifikanzniveau von 5% untersucht. Die Nullhypothese dabei lautet, dass flexible Prozesse und entscheidungsintensive Prozesse bezogen auf die Ausprägungen der Prozessmetriken *gleich* sind, sich also *nicht* signifikant unterscheiden.

Statistik bei einer Stichprobe: Mittelwerte der Prozesse mit hoher Entropie

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
1_DA_DC	29	1,1566	,98486	,18288
1_DA_BC	29	-,1083	1,32353	,24577
1_DA_CC	32	,8734	,98911	,17485

Test bei einer Stichprobe: Vergleich der Mittelwerte

	Mittelwert der Entscheidungsintensiven Prozesse: Testwert = -0.5895					
					95% Konfidenzintervall der Differenz	
	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Untere	Obere
1_DA_DC	9,547	28	,000	1,74605	1,3714	2,1207
1_DA_BC	1,958	28	,060	,48122	-,0222	,9847
1_DA_CC	8,367	31	,000	1,46294	1,1063	1,8196

Abbildung 7.3.9.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Vergleich der flexiblen und entscheidungsintensiven Prozesse

Die Ergebnisse zeigen (siehe Abbildung 7.3.9), dass sich die Werte der Diskriminanzfunktionen der jeweiligen Prozesseinordnungen signifikant unterscheiden. Das bedeutet, dass die oben aufgestellte Nullhypothese bezogen auf die Entropie der *avg. degree* und *closeness* Zentralitäten auf einem Signifikanzniveau von 5%, bezogen auf die Entropie der *avg. betweenness* Zentralität jedoch auf einem Signifikanzniveau von 10% verworfen werden muss.

Zusammenfassend sind folgende Eigenschaften für die (operationell) flexiblen Prozesse kennzeichnend: Flexibiltät von Prozessen kann auf unterschiedlichen Ebenen und bei Betrachtung von unterschiedlichen Aspekten erfolgen (siehe Abschnitt 6). Hier wurden die operationell flexiblen Prozesse untersucht. Operationelle Flexibilität von Prozessen beinhaltet eine Vielzahl von alternativen Pfaden, die zur Erfüllung des Prozessziels führen. Die Entropie der Zentralitäten kann dabei helfen solche Prozesse zu identifizieren und von anderen Prozessen abzugrenzen. Die Flexibilität der Prozesse und ihre Entscheidungsintensität sind dabei Prozesseigenschaften, die trotz ähnlicher Definitionen, zu unterschiedlichen Prozessausprägungen führen.

7.3.7. Verteilte Prozesse

Prozesse, die mehr als einen Akteur involvieren, wurden hier als verteilte *Prozesse* betrachtet, da die entsprechenden Subprozesse an unterschiedlichen Orten ausgeführt wurden. Somit ist dieses Verständnis mit der in dem Abschnitt 2.2 gegebenen Definition

der verteilten Prozesse kohärent. Bei der Analyse der Geschäftsprozessmodelle wurden drei Prozessgruppen unterschieden: Prozesse mit nur einem Akteur (Gruppe1), Prozesse mit zwei Akteuren (weniger stark verteilte Prozesse, Gruppe2) und Prozesse mit mehr als zwei Akteuren (stark verteilte Prozesse, Gruppe3). Nach dieser Unterteilung wurden folgende Nullhypothesen bezogen auf verteilte Prozesse formuliert und anschließend getestet:

Hypothese A.0.1: Verteilte Prozesse weisen *keine* signifikanten Unterschiede in den Netzwerkmetriken im Vergleich zu nicht verteilten Prozessen auf.

Hypothese A.0.2: Verteilte Prozesse weisen *keine* signifikanten Unterschiede bezogen auf die nicht verteilten Prozessen bei den Diskriminanzvariablen auf.

Diese allgemeinen Nullhypothesen werden genauer betrachtet, indem die potenziellen Unterschiede zwischen den Metriken für eine genaue Untersuchung präzisiert werden. Dabei werden unter verteilten Prozessen jeweils die Gruppen 2 und 3 zunächst separat betrachtet.

Hypothese A.1: Verteilte Prozesse haben eine *größere* Dichte als nicht verteilte Prozesse.

Hypothese A.2: Verteilte Prozesse besitzen eine *kleinere avg. betweenness centrality* als nicht verteilte Prozesse.

Hypothese A.3: Verteilte Prozesse besitzen eine *kleinere avg. closeness centrality* als nicht verteilte Prozesse.

Hypothese A.4: Verteilte Prozesse besitzen eine *geringere avg. path length* als nicht verteilte Prozesse.

Um diese Nullhypothesen und somit die definierten Prozessgruppen auf ihre externe Heterogenität zu testen, wurde wie bereits oben geschildert das Verfahren der Diskriminanzanalyse angewendet. Nach der Einteilung der Prozesse in Gruppen 1 bis 3, wurde die Güte (Trennkraft) dieser Aufteilung überprüft. Aus der Analyse wird deutlich, dass die erste Diskriminanzfunktion die Gruppen gut trennt: der Signifikanzwert von Wilks' Lambda beträgt 0,01. Die zweite Diskriminanzfunktion zeigt jedoch keine guten Trenneigenschaften (Signifikanz von 0,085), d.h. sie kann nicht signifikant zur Trennung der Gruppen 2 und 3 auf dem Signifikanzniveau von 5% beitragen (Backhaus et al. (2005, S. 184)). Als Ergebnis wird die Diskriminanzanalyse mit nur zwei Gruppen (verteilte Prozesse mit zwei oder mehr Akteuren als Gruppe2 bzw. mit nur einem Akteur als Gruppe1) durchgeführt. Die Trennfähigkeit der resultierenden Diskriminanzfunktion D_v erwies sich als signifikant[22] mit Signifikanzwert von 0,018.

$$D_v = -21,016 + 18,839LS + 0,022conn + 0,028reach - 0,338PL + 0,050CluCo \quad (7.3.6)$$

Die *avg. link strength*, also die Kommunikationsintensität, hat bei dieser Funktion den größten positiven Einfluss auf die Trennbarkeit der Prozessgruppen. Um nachfolgend

[22] Siehe Anhang B.

Prozesse einordnen zu können, wurden auch die Mittelwerte der resultierenden Diskriminanzwerte für jede Gruppe berechnet (siehe Abbildung 7.3.6).

Bericht

GruppeBinär	Funktion
	1
1,00=1 Akteur	1,237
2,00=mehr als 1 Akteur	-,232

Abbildung 7.3.10.: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: verteilte Prozesse

Als Ergebnis hat sich gezeigt, dass bei den Werten der Diskriminanzfunktion (basierend auf den Hauptdiskriminanten und der oben beschriebenen Gruppenaufteilung), die *kleiner* 0 sind, der Prozess als *verteilt* eingeordnet werden kann; bei Werten größer 0 ist der Prozess als nicht verteilt einzuordnen[23].

Die Untersuchung der Diskriminanzkoeffizienten hat einen signifikanten Unterschied zwischen den betrachteten beiden Prozessgruppen mit dem Signifikanzwert von $4,1*10^{-7}$, bei der Metrik *avg. path length* ergeben. Die *avg. path length* ist bei Prozessen mit nur einem Akteur kleiner als bei Prozessen mit zwei oder mehreren Akteuren. Dieses Ergebnis bietet einen Hinweis darauf, dass die Information in nicht verteilten Prozessen effizienter als in verteilten Prozessen transportiert wird [24].

Diese Ergebnisse führen zum Verwerfen der *Nullhypothese A.0.1* auf dem Signifikanzniveau von 5%. Die *Nullhypothese A.0.2* kann in ihrer Hauptaussage ebenfalls verworfen werden. Allerdings kann die Aussage, dass die verteilten Prozesse sich in den Metriken *avg. reach* und Kommunikationsdichte (*LS*) sowie *conn* nicht unterscheiden, *nicht verworfen* werden.

Die Tests der *Nullhypothesen A.0.1* und *A.0.2* erlauben eine Verfeinerung der Untersuchung der Metriken von verteilten Prozessen und führen zu den folgenden Ergebnissen der Hypothesentests:

Hypothese A.1: diese Nullhypothese konnte hier *widerlegt* werden; die Dichte der Prozesse mit der kleineren Akteurenanzahl ist signifikant *höher* als die Dichte der Prozesse mit einer höheren Akteurenanzahl, also als die Dichte der verteilten Prozesse.

Hypothese A.2: Zu dieser Nullhypothese konnte *keine Aussage* getroffen werden, da die Unterschiede zwischen den Mittelwerten nicht signifikant sind.

[23] Siehe Anhang B.

[24] Da hier Prozessmodelle als Repräsentationen von Prozessen verwendet wurden, ist es auch ein Hinweis darauf, dass nicht verteilte Prozesse mit einem effizienteren Informationstransport als verteilte Prozesse geplant bzw. durchgeführt werden.

Hypothese A.3: Diese Nullhypothese kann bei dem Vergleich der nicht verteilten und den verteilten Prozessen *abgelehnt* werden. Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der *avg. closeness centrality* ermittelt. Diese sind bei verteilten Prozessen signifikant *kleiner*, als bei nicht verteilten Prozessen.

Hypothese A.4: Diese Nullhypothese kann hier verworfen werden; der Unterschied der Werte der *avg. path length* bei verteilten Prozessen ist signifikant[25]. Dabei ist der entsprechende Mittelwert der nicht verteilten Prozesse *kleiner*, als der der verteilten Prozesse.

Zusammenfassend können für verteilte Prozesse folgende Erkenntnisse, basierend auf der Netzwerkanalyse, getroffen werden:

- Verteilte Prozesse weisen signifikant unterschiedliche Netzwerkmetriken und somit Kommunikationsverhalten im Vergleich zu nicht verteilten Prozessen auf.
- Verteilte Prozesse verfügen über *längere* Pfade (PL), Wege, zwischen den einzelnen Aktivitäten; für Geschäftsprozesse bedeutet das, dass die Information weniger effizient transportiert wird als in nicht verteilten Prozessen. Dieser Umstand kann zum Effizienzverlust bei der Informationsübertragung (und somit zu steigenden Kosten der Information) führen.
- Verteilte Prozesse weisen sich durch signifikant *kleinere* Werte der *avg. closeness centrality* auf; das bedeutet zum einen, dass die Aktivitäten in verteilten Prozessen einen höheren Autonomitätsgrad besitzen als Aktivitäten in nicht verteilten Prozessen. Zum anderen heißt es für die Informationsübermittlung nach Dekker et al. (2003), dass die Genauigkeit der übermittelten Information im Netzwerk verglichen mit nicht verteilten Prozessen sinkt.
- Die signifikant *kleinere* Dichte der verteilten Prozesse weist zum einen auf weniger stabile Prozessstrukturen, zum anderen auch eine schwächere Vernetztheit der Aktivitäten hin.

7.3.8. Kommunikationsintensive Prozesse

Die ausgetauschten *linkevents* in einem Prozess bieten einen Hinweis darauf wie aktiv die Kommunikation in einem Prozess abläuft. Die *linkevents* repräsentieren die im Netzwerk über die entstandenen Verbindungen ausgetauschten Nachrichten. Im Gegensatz zu ereignisreichen Prozessen, in welchen die Anzahl der entstandenen *links* betrachtet wird, liegt der Schwerpunkt bei kommunikationsintensiven Prozessen auf der Häufigkeit des Austausches auf den bereits bestehenden Verbindungen. Somit wird nicht nur das Entstehen einer Verbindung, sondern auch ihre Pflege bzw. Nutzung bei der Prozessanalyse berücksichtigt.

Um die Vergleichbarkeit der Prozesse zu gewährleisten, werden die *linkevents* (LE) durch die Anzahl der Knoten (n) im Netzwerk normiert. Die so entstandene Metrik

[25] Das Signifikanzniveau ist hier immer $\alpha = 5\%$.

wird als Kommunikationsdichte (*kommDichte*) bezeichnet (siehe auch Tabelle 6.7). Die Prozesse mit einem Wert der Kommunikationsdichte größer oder gleich 1 werden als *kommunikationsintensiv* bezeichnet. Bei den untersuchten 58 Prozessen konnte dieser Wert jedoch nur bei einem Prozess erreicht werden. Aus diesem Grund werden die Prozesse aus dem dritten *Quartil* der Kommunikationsdichte während der Untersuchung als kommunikationsintensiv bezeichnet (ab dem Wert von 0,92). Die Prozesse, die einen Wert der Kommunikationsdichte größer oder gleich 0,92 haben, wurden der Gruppe 1, also der kommunikationsintensiven Prozesse eingeteilt. Prozesse mit dem Wert der Kommunikationsdichte kleiner 0,92 wurden der Gruppe 0 (nicht kommunikationsintensive Prozesse) zugewiesen.

Die Diskriminanzanalyse ergab eine gute Trennfähigkeit dieser Prozessgruppierung (Signifikanzwert 0,013). Dabei wurden die klassischen Netzwerkmetriken in die Analyse einbezogen. Den größten positiven Einfluss auf die Trennbarkeit der Prozessgruppen übte die Metrik *number of linkevents* aus[26]. Allerdings haben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Netzwerkmetriken der beiden Prozessgruppen ergeben.

7.3.9. Ereignisreiche Prozesse

Ereignisse innerhalb eines Geschäftsprozesses sind Zustandsänderungen von Aktivitäten oder von den in den Prozess involvierten Geschäftsobjekten. Sie werden als relevant betrachtet, wenn sie einen Einfluss auf den Prozessablauf oder das Prozessziel aufweisen. Als Kennzeichen von Ereignissen, die einen Einfluss auf den Prozess haben, kann das Bestehen einer Beziehung zwischen den Aktivitäten oder involvierten Geschäftsobjekten betrachtet werden. Diese können mithilfe der im Netzwerk auftretenden *links* (L) identifiziert werden. Um diese Metrik vergleichbar zu machen, wird die Gesamtanzahl der *links* in einem Prozess durch die Knotenzahl n dividiert (siehe auch Tabelle 6.6).

Die so entstandene *Ereignisdichte* E_d kann als Kennzahl zur Identifikation von ereignisintensiven Prozessen betrachtet werden. Die Ereignisdichte berücksichtigt damit auch die potenziellen Ereignisse im Prozess, da die Beziehungen zwischen den Aktivitäten, die ein Kanal für Zustandsänderungen darstellt, einbezogen werden. Bei der Untersuchung werden Prozesse mit einem Wert von größer 1,2 als ereignisreich interpretiert und der Gruppe 1 zugeordnet. Dieser Wert ist an dem Wert des dritten *Quartils* der absteigend geordneten Werte der Ereignisdichte angelehnt. Alle anderen Prozesse wurden der Gruppe 0 zugeordnet und werden als nicht ereignisintensiv bezeichnet. Die Betrachtung der Ereignisdichte bezieht somit die Betrachtung der Systemkomplexität mit ein (siehe Abschnitt 6.4.1.3).

Die Diskriminanzanalyse mithilfe der klassischen Netzwerkmetriken ergab eine gute Trennfähigkeit der Prozessgruppierung (Signifikanzwert $7,33 * 10^{-5}$)[27]. Dabei wurden signifikante Unterschiede zwischen ereignisreichen und nicht ereignisreichen Prozessen bei den Metriken: Anzahl der Knoten, *links* und *linkevents*, aber auch *avg. betweenness centrality* und *avg. connectivity* festgestellt. Die Werte der *avg. betweenness centrality* und *avg. connectivity* erwiesen sich als signifikant *niedriger* bei ereignisreichen Prozessen. Die

[26] Siehe Anhang B und digital: SPSS_KommEreignis.
[27] Siehe Anhang B.

Mittelwerte der Metriken: Anzahl der Knoten, *links* und *linkevents* erwiesen sich jedoch als signifikant *höher* als bei nicht ereignisreichen Prozessen. Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine enge Verbundenheit und zentralisiere Informationsvermittlung keine Voraussetzung bzw. ausgeprägte Eigenschaften eines ereignisreichen Prozesses sind.

7.4. Zusammenfassung der Prozesstypen und Eigenschaften

Nun werden in der Tabelle 7.5 die identifizierten Prozesstypen, ihre spezifischen Eigenschaften, die Möglichkeiten der Operationalisierung dieser Eigenschaften und die entsprechenden identifizierten Netzwerkmetriken, die im Laufe der netzwerkorientierten Analyse identifiziert wurden, zusammengefasst[28]. Diese Tabelle ergänzt somit die in der Tabelle 7.4 aufgeführten Prozesseigenschaften mit entsprechenden Metriken und ihren Grenzwerten. Diese basieren auf den Werten aus der Analyse der 58 Geschäftsprozessmodelle[29]. Neben der Analysemetrik wird hier auch ihre spezifische Ausprägung bei dem entsprechenden Prozesstyp aufgeführt. So wird z.B. die Automatisierbarkeit von Prozessen mithilfe des Wertes der Diskriminanzfunktion, der bei automatisierbaren Prozessen größer 0 sein muss, bestimmt. Dabei weisen die automatisierbaren Prozesse größere Werte (+) der Verbundenheit (*conn*) und kleinere Werte (-) der *link strength* (LS) im Vergleich zu nicht automatisierbaren Prozessen auf.

Die hier durchgeführte Analyse zeigt, dass die als Nullhypothesen formulierten Forschungshypothesen F1 und F2: *"Prozesstypen können* nicht *anhand ihres Verhaltens charakterisiert werden"* bzw. *"Folgende Prozesstypen können* nicht *anhand der Metriken des Prozessnetzwerks differenziert werden: Kernprozesse, automatisierbare Prozesse, flexible Prozesse, verteilte Prozesse, informationsintensive Prozesse sowie entscheidungsintensive Prozesse"*, *verworfen* werden müssen.

[28] Die Abkürzung DW steht dabei für: Werte der Diskriminanzfunktion.
[29] Siehe auch Anhang A zu deskriptiven Charakteristiken

Prozesstyp/ Eigenschaft	Charakteristika	Operationa lisierung	Analyse- metrik/ Kennzeichen	Intervall
Groß	großer Umfang		Durchmesser	>10,69
Vernetzt	signifikante Anzahl interagierender Elemente		Dichte	> 12,97
Stabil		Änderungen haben große Auswirkungen auf den Prozessablauf	avg. connectivity	≥ 11
Automatisier bar	Robust, stabil, wenig Kommunikation	Linearer Verlauf	DW + conn - LS	DW >0
Informations reich	Informationsflüsse	Anzahl Infor- mationsflüsse	DW - conn, Dichte + BC, CC, links, linkevents	DW > 0
Ereignisreich	Verbindungen zwischen Aktivitäten		Ereignisdichte E_d: $\frac{L}{n}$ - BC und conn; + links, linkevents, nodes	E_d >1,2
Kommunika tionsreich	Nutzung der bestehenden Verbidungen	Informations- und Kontrollflüsse	komm Dichte: $\frac{LE}{n}$	kommDichte $\geq$1 bzw. 3. Quartil
Abstimmungs reich	Anfragen und Entscheidungen bzgl. des Ablaufs		DW - conn, Dichte, BC + links, linkevents	DW>0
Flexibel	Operationelle Flexibilität		DW: EntopieBC, CC, [DC]	DW < 0
Kernprozess	Wertschöpfungs orientiert, wenig robust	Kundenpräsenz (binär)	DW - conn	DW < 0
Verteilt	Mehrere Akteure	Anzahl Akteure (binär)	DW + LS, PL - Dichte, CC	DW < 0
Entscheidungs reich	operative Entscheidungen	Anzahl (X)OR-Splits	DW - conn, BC + links	DW > 0

Tabelle 7.5.: Übersicht der Prozesstypen und ihrer Metriken

Zunächst werden in der Tabelle 7.5 die strukturellen Eigenschaften eines Prozesses beschrieben. Dazu zählen seine Größe und Vernetztheit. Die Verfahren zu ihrer Bestimmung sind direkt der (Sozialen) Netzwerkanalyse entliehen. Der Durchmesser des Graphen wird bereits zur Beschreibung von Geschäftsprozessmodellen (siehe Mendling (2007)) angewendet. Die Dichte eines Graphen kann als ein Maß seiner *Vernetztheit* betrachtet werden. Dabei unterstreicht der Begriff der Vernetztheit das Konzept der Kommunikationsaktivität durch die Berücksichtigung der Informations-, Daten- und Kontrollflüsse der Prozessschritte, während die Verbundenheit eines Graphen (wie sie z.B. von Cardoso (2006) definiert wird) die Kontrollflüsse zwischen den Aktivitäten in den Mittelpunkt stellt. Die Grenzwerte für diese beiden Größen basieren auf den Werten aus der Abbildung 7.4.1. Die Netzwerk*dichte* spiegelt dagegen die realisierten kommunikationsbezogenen Verbindungspotenziale eines Netzwerks wider. Ähnlich der von Cardoso et al. (2006) definierten Verbundenheit (*coupling*) des Prozessmodells bildet die Metrik der Stabilität eines Prozesses den Zusammenhalt des Netzwerks bei Veränderung der Aktivitätenstruktur ab. Die Netzwerkmetrik *connectivity* dient dabei als Grundlage und erlaubt es, diejenigen Prozesse zu identifizieren, die nach der Entfernung oder Veränderung von Prozessschritten ihre Struktur maßgeblich verändern.

	Density	Diameter	Avg. Connectivity
Mittelwert	12,965862	10,690000	10,459828
N	58	58	58
Standardabweichung	7,2791083	5,9800000	9,1511774

Abbildung 7.4.1.: Mittelwerte der Metriken: Größe, Vernetztheit und Stabilität

Abbildung 7.4.1 beschreibt diese Eigenschaften der betrachteten Prozesse. Sie bilden die Grundlage der Prozesseinordnung. Weitere Prozesstypen und ihre Eigenschaften wurden bereits oben vorgestellt und Metriken für ihre Bestimmung entwickelt. Tabelle 7.5 fasst diese nun so zusammen, dass sowohl ihre Indikatoren aus dem Geschäftsprozessmodell, die identifizierten Metriken als auch die jeweiligen Wertebereiche erfasst sind.

Im Weiteren erfolgt die Validierung der identifizierten Prozesseigenschaften anhand neu erhobener Prozessmodelle. Da diese Prozesse noch keiner Analyse unterzogen worden sind, werden sie zunächst mithilfe der Netzwerkanalyse den hier vorgestellten Prozesstypen zugeordnet. Anschließend werden die Ergebnisse mit den Erkenntnissen aus der klassischen Prozessanalyse und aus den Experteninterviews verglichen.

7.5. Validierung der Prozessmetriken anhand neuer Prozesse

Die durch die vorhergehende Analyse bestimmten Diskriminanzfunktionen und Schwellwerte der Prozesstypisierung werden nun mit neuen Prozessen, d.h. Prozessen, die nicht zur Bestimmung der untersuchten Eigenschaften verwendet wurden, verifiziert. Die Ergebnisse dieser Validierung werden in der Tabelle 7.6 zusammengefasst (siehe auch An-

hang D). Die "x"-Werte in der Tabelle zeigen, dass der Prozess bezüglich der entsprechenden Eigenschaft eingeordnet wurde. Die eingeklammerten Werte sind die ermittelten Werte der Kommunikations- bzw. der Ereignisdichte und dienen der Orientierung bei der Prozesszuordnung.

Eigenschaft/ Prozessname	P1_CarRental	P2_Material zuschnitt	P3_MarketingI	P4_Neuab schluss
Automatisierbar	x	0	0	0
Information	0	x	x	x
Entscheidung	0	0	x	x
Abstimmung	0	x	x	x
Kern	0	x	x	x
Verteilt	x	x	x	x
Flexibel	x	x	x	x
Kommunikation	0 (0,72)	0 (0,84)	x (0,95)	0 (0,85)
Ereignis	0 (0,94)	0 (1,08)	x (1,65)	x (1,3)

Tabelle 7.6.: Validierung der Prozessmetriken an neuen Prozessen

Bei dem Prozess P1 handelt es sich um einen Teilprozess aus dem Bereich der Autovermietung, die nach der Rückgabe des Autos durch den Kunden folgende Inspektion des Fahrzeugs. Der Prozess findet demnach ohne die Kundenpräsenz statt und beinhaltet die Koordination der beteiligten Akteure (Werkstattmitarbeiter, Versicherungsmitarbeiter und Angestellten der Autovermietung). Prozess P2 stammt aus der Produktionsdomäne und bildet den Unterprozess des Materialzuschnitts ab. Der Endkunde ist dabei nicht präsent, allerdings ist in diesem Prozess die Koordination der Zuschnittsabteilung und der Abteilung, die den entsprechenden Auftrag erteilt, abgebildet. Eine ähnliche Situation ist im Prozess P3 abgebildet. Hier wird eine Marketing-Agentur mit der Ermittlung der Marketing-Maßnahmen zur Markteinführung eines neuen Produktes beauftragt. Die Kommunikation mit dem zuständigen Produktmanager spielt hier eine wichtige Rolle. Der Prozess P4 gehört zu der Domäne der Dienstleistung, genauer die der Versicherung. P4 betrachtet eine Vertragsanbahnung, die mit der Übersendung der Versicherungsunterlagen an den Kunden endet.

Die Diskriminanzanalyse der Prozesse ergab, dass P1 automatisierbar, P2-P4 jedoch nicht automatisierbar sind. Auch wurde der Prozess P1 als nicht-Kernprozess identifiziert. Dieser Prozess wurde ebenfalls weder als informations-, entscheidungs-, ereignis- noch als kommunikationsintensiv definiert. Als kommunikationsintensiv wurde der Prozess P3 eingeordnet. P2 wurde weder als kommunikations-, ereignis- noch entscheidungsintensiv identifiziert.

Diese Ergebnisse der Zuordnung bieten einen Überblick über die Typisierung der Prozesse anhand ihres Verhaltens. Die Erkenntnisse können unter Umständen so auch durch die klassische Analyse des Prozesses erzielt werden. Jedoch wären hierfür neben dem Prozessmodell weitere umfassende Informationen über die Prozesse notwendig. Auch der

zeitliche Aufwand ist bei der Prozessanalyse mithilfe der Netzwerkorientierung wesentlich geringer und kann IT-unterstützt erfolgen. Durch die Definition der Metriken und ihrer Wertebereiche ist eine objektivierte und wiederholte Prozessanalyse, ohne tiefgehende Prozesskenntnisse, möglich. Im Abschnitt 8.5 sollen die Erkenntnisse aus der Analyse des Prozessverhaltens mithilfe der Netzwerksicht diskutiert und Hinweise für das Management von entsprechenden Prozessen abgeleitet werden.

7.6. Typisierung von Aktivitäten

Nachdem die Netzwerkanalyse dazu eingesetzt wurde, Prozesstypen zu identifizieren und ihre Eigenschaften so zu bestimmen, dass nachfolgende Verwaltungsmaßnahmen ermöglicht werden, werden hier die möglichen Rollen der Prozessaktivitäten untersucht. Die *Annahme* dabei ist, dass die Aktivitäten im Prozess im Bezug auf ihr Verhalten bei der Verarbeitung der Information unterschieden werden können. In diesem Kapitel wird das Verfahren zur Identifikation von Typen der Prozessaktivitäten vorgestellt und eine Interpretation der gefundenen Metriken vorgeschlagen. Die Metriken basieren hauptsächlich auf den durch die Verfahren der deskriptiven statistischen Analyse der Netzwerkmetriken gewonnenen Erkenntnissen. Zur Interpretation dieser Metriken werden auch die Erkenntnisse der sozialen Netzwerkanalyse und der Prozesskontext herangezogen.

Die betrachteten Netzwerkmetriken sind hier Kennzahlen, die das Verhalten eines Knotens und somit seine Bedeutung für die Netzwerkstruktur charakterisieren. In Prozessnetzwerken repräsentieren die Knoten einzelne Prozessaktivitäten, die Kanten stellen den Kontroll- bzw. Nachrichtenfluss dar. Die hier verwendete Netzwerkanalysesoftware berechnet dabei folgende Kennzahlen für die einzelnen Knoten: *Index, Group, Keywordlist, Name, lane* (prozessspezifisch), *pool* (prozessspezifisch), *Linkevents sent, Linkevents received, Reference on Linkevents received, number of Linkevents, First Participation, Last Participation, Direct Contacts, Linkevents sent per direct contact, Pulsetaker, Core Group member, Closeness Centrality, Betweenness Centrality, Degree Centrality, Connectivity, Reach, Effectivity, Brokering, Originating brokering activity, Brokering impact, local cluster coefficient*. Diese Metriken wurden für die Analyse von sozialen Netzwerken bzw. Internet-Communities entwickelt und können daher nicht in ihrer Gesamtheit zur Analyse der Geschäftsprozesse angewendet werden. Zudem wurden weitere, prozessspezifische, Metriken entwickelt, die die Netzwerke in den Geschäftsprozesskontext positionieren.

Die Metriken *number of linkevents* und *link strength* spiegeln den ereignisorientierten Ansatz zur Netzwerkanalyse wider. Während die *linkevents* die Kommunikation über einen bestehenden *link* widergibt, gibt die *link strength* die eigentliche Gewichtung, also die Anzahl der *linkevents* pro *link* wider. Auch hier wurden die explizit für die Soziale Netzwerkanalyse entworfenen Metriken wie *core group member, first/ last participation, direct contacts, linkevents sent per direct contact*, etc. nicht in die Analyse einbezogen, da sie in Prozessnetzwerken keine semantische Bedeutung besitzen. Zusätzlich werden die im Kapitel 6 und 4 definierten Aktivitätentypen wie die Informationsquelle und -Senke, Kernaktivität sowie die KPP-Kennzahl berechnet und in die Analyse einbezogen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden das Vorgehen zur Identifikation von Ty-

pen der Geschäftsprozessaktivitäten sowie ihre Validierung und die Auswirkungen der Analyse auf die Geschäftsprozessgestaltung vorgestellt. Dieser Abschnitt ist demnach wie folgt aufgebaut: zunächst erfolgt die Reduzierung der zu betrachtenden Variablen, d.h. durch die Faktoranalyse sollen diejenigen Variablengruppen identifiziert werden, die den größten Einfluss auf die Eigenschaften der Prozessaktivitäten aufweisen. Anschließend sollen die im Abschnitt 2.1.1 definierten Aktivitätenrollen untersucht werden, so dass eine Quantifizierung ihrer Eigenschaften ermöglicht wird. Am Ende des Abschnitts werden die gewonnenen Erkenntnisse auf neue Prozesse angewendet und die Ergebnisse diskutiert.

7.6.1. Vorgehen der Auswertung

Aus den oben genannten Netzwerkmetriken werden zunächst die klassischen Metriken betrachtet. Das sind: *pulsetaker, closeness centrality, betweenness centrality, degree centrality, brokering activity, linkevents sent, linkevents received* und *number of linkevents*. Zusätzlich werden die im Kapitel 6.4.2 bzw. 4.4.2 definierten Aktivitätentypen wie die Informationsquelle und -Senke, Kernaktivität sowie die KPP-Kennzahl berechnet und in die Analyse einbezogen.

Um die ausschlaggebenden Netzwerkeigenschaften zur Typisierung von Prozessaktivitäten identifizieren zu können, wurde zunächst eine Faktorenanalyse anhand der oben vorgestellten Netzwerkmetriken durchgeführt. Dabei wurden vier Faktoren und die entsprechenden Netzwerkmetriken, die bei dem jeweiligen Faktor am höchsten ausgeprägt sind, identifiziert (siehe Komponentenmatrix in der Abbildung 7.6.1):

-Faktor1

Metriken: *betweenness* und *degree centrality*

Bedeutung: Informationsverteilung

-Faktor2

Metrik: *brokering activity*, *number of linkevents*

Bedeutung: Einfluss auf die Netzwerkstruktur

-Faktor3

Metrik: *linkevents received*

Bedeutung: Kommunikationssenke

-Faktor4

Metrik: *pulsetaker*

Bedeutung: indirekte Beziehungen

Komponentenmatrix[a]

	Komponente			
	1	2	3	4
Pulsetaker	-,066	,136	-,034	,815
Brokering	,112	,898	-,072	-,124
KPP	-,437	,464	,498	-,037
Linkevents sent	,244	,104	,161	,594
Linkevents received	,684	-,075	,638	-,039
#LE	,324	,830	-,252	-,043
Closeness	,524	-,201	-,650	,056
Betweenness	,809	,088	-,136	-,055
Degree Centrality	,829	-,119	,338	-,046

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

a. 4 Komponenten extrahiert

Abbildung 7.6.1.: Komponentenmatrix: Faktorenanalyse der Rollen im Netzwerk

Diese Faktoren erklären 73,5% der Varianz [30].

Während Knoten mit hohen *betweenness* und *degree*-Zentralitätswerten in der Sozialen Netzwerkanalyse eine besondere Rolle bezogen auf ihre Tätigkeit bei der Verbreitung der Information im Netz zugeteilt wird, muss die jeweilige Interpretation im Kontext der Geschäftsprozessanalyse zunächst noch erfolgen. Diese Zentralitäten tragen dennoch maßgeblich zur Unterscheidung der Eigenschaften der Prozessschritte bei und stellen den ersten Faktor, der das Verhalten eines Prozesses beeinflusst, dar.

Ein weiterer Faktor, der für das Verhalten der einzelnen Prozessschritte kennzeichnend ist, ist der Einfluss der einzelnen Aktivitäten auf die Netzwerkstruktur. Hier ist die Metrik der *brokering activity* eines Knotens ausschlaggebend; sie greift die dynamische Eigenschaft eines Knotens bezogen auf die Informationsvermittlung im Netzwerk auf; zudem hängt sie ebenfalls eng mit der *betweenness centrality* des Knotens zusammen. Faktor 3 wird von der Anzahl der empfangenen *linkevents* durch einen Knoten geprägt und gibt also Hinweise über die Rolle eines Knotens als Informationssenke und seine Stellung bei der Informationsverarbeitung im Prozess. Als *pulsetaker* werden in der Sozialen Netzwerkanalyse Knoten bezeichnet, die zwar über wenige Verbindungen verfügen, diese jedoch zu den wichtigen Akteuren im Netzwerk führen und somit häufig in die Kommunikation eingebunden werden. Die Werte der *pulsetaker* verhalten sich umgekehrt proportional zu den Werten der *brokering* Aktivität. Im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse stellen *pulsetaker* Akteure dar, die durch ihre Position die Entwicklung des Netzwerks am besten beobachten können. Für Prozessaktivitäten kann eine Analogie gezogen werden, so dass die Aktivitäten mit hohen *pulsetaker*-Werten als Aktivitäten definiert werden, die potenziell über Beziehungen zu den für den Prozessablauf wichtigen Prozessaktivitäten verfügen, jedoch selber keinen wesentlichen Einfluss auf den Prozessablauf ausüben.

[30] Siehe Anhang (digital: AuswertungProzesse). Das hier angewandte Verfahren zur Faktorendefinition ist die Hauptkomponentenanalyse.

7.6.2. Ausschlaggebende Metriken zur Typisierung von Prozessschritten

Zunächst werden hier die Metriken untersucht, die auch im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse zur Klassifizierung von Akteuren angewendet werden. Daraus sollen Schlussfolgerungen für die Rollen der Prozessschritte in einem Prozessnetzwerk abgeleitet, verifiziert und ergänzt werden.

Für die Bestimmung der Wichtigkeit von Knoten im sozialen Netzwerk spielen die Werte der Zentralitäten eine wichtige Rolle. Hohe Werte der *degree centrality* eines Knotens werden häufig mit Akteuren assoziiert, die einen hohen Informationsumsatz haben und damit Informationskanäle (Freeman (1978)) darstellen. Im Kontext der Geschäftsprozesse stellen diese Knoten Aktivitäten mit einem hohen Kommunikationsgrad dar, d.h. diese Aktivitäten sind maßgeblich an dem Informationsaustausch im Prozess beteiligt. Diese Kommunikationsaktivitäten zeichnen sich also durch einen hohen Wert der *degree centrality* aus. Als hohe Werte werden hier die Werte der *degree centralities* aus dem dritten *Quartil* der absteigend geordneten *degree centrality*-Werte der Prozessaktivitäten bezeichnet. Prozessschritte, die über *degree centrality*- Werte in diesem Intervall verfügen, werden hier als *Kommunikationsaktivitäten* bezeichnet.

Wurden die Kommunikationsaktivitäten, also Aktivitäten, die verhältnismäßig häufig Informationen mit anderen Aktivitäten austauschen, bestimmt, stellt sich die Frage, ob diese Aktivitäten jeweils als Informationsquelle oder –Senke im Prozessablauf fungieren. Diese Eigenschaft kann über die Anzahl der empfangenen und gesendeten Ereignisse, also *linkevents*, bewertet werden. Die *linkevents* geben die Kommunikationsaktivität über eine etablierte Verbindung zwischen zwei Knoten wider und können also als Indikator der eingehenden und ausgehenden Kommunikation herangezogen werden. Dabei werden die Aktivitäten mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl an *gesendeten linkevents* als *Informationsquelle*, die Aktivitäten mit einer überdurchschnittlich hohen Zahl an *empfangenen linkevents* als *Informationssenke* betrachtet. Bei den untersuchten Prozessen wurde festgestellt, dass die Anzahl der Informationssenken häufig kleiner als die Anzahl der Informationsquellen war. Zudem konnte häufig eine Aktivität mit der höchsten Anzahl der empfangenen Nachrichten beobachtet werden. Diese wurde als die Senke des Prozessflusses und somit als die in diesem Sinne wichtigste Prozessaktivität identifiziert und als *Prozesssenke* bezeichnet. Durch die Identifikation dieser Aktivität können Aussagen über die Zielsetzung des geplanten Ablaufs bzw. die Aktivität, auf welche sowohl der Kontroll- als auch der Informationsfluss gerichtet sind, getroffen werden. Zudem gibt die Prozesssenke Auskunft über das Prozessergebnis, d.h. den unbedingt notwendigen Output des Prozesses. Der Mehrwert der erhaltenen Ergebnisse hängt jedoch stark davon ab, wie ausgeprägt der Informationsaustausch der einzelnen Prozessschritte im Verhältnis zum gesamten Informationsaustausch im Prozess ist. Dennoch kann die Zuordnung der Rollen der Aktivitäten wesentlich für die Verwaltung des Prozesses sein.

Die von Dreyfus and Iyer (2008) zur Bestimmung der architektonischen Fixpunkte angewandte Metrik der Key Performance Player (*KPP*) wurde hier ebenfalls zur Bestimmung der Rollen der Aktivitäten innerhalb des Prozessnetzwerks herangezogen und für die betrachteten Prozessschritte berechnet. Die Auswertung dieser Metrik ergab einen guten Indikator für die Position einer Aktivität im Prozessmodell, jedoch keine weitere

Information bezüglich der Funktion des Prozessschrittes innerhalb des Prozessablaufs. Die KPP-Metrik liefert deutliche Hinweise darauf, dass die Aktivitäten mit zunehmenden KPP-Werten am Ende des Prozessmodells, zeitlich und logisch betrachtet, zu finden sind. Allerdings bietet diese Erkenntnis keine weiteren Anhaltspunkte bezüglich der Rolle dieser Aktivitäten bei der Informationsverarbeitung im Prozess und wird aus diesem Grund nicht in die weitere Analyse einbezogen.

Die *Kernaktivitäten* eines Prozesses wurden im Abschnitt 2.1.1 als ein Prozesselement definiert, das zur Erreichung des Prozessziels unbedingt notwendig ist und das Prozessergebnis gestaltet. Im Kontext der Netzwerkanalyse werden demnach diejenigen Knoten als wichtig bezeichnet, die einen Einfluss auf die Informationsstruktur des Prozesses haben bzw. die Informationswege im Netzwerk positiv beeinflussen, also verkürzen. Diese Eigenschaften können über die *brokering* Aktivität eines Knotens (Trier and Bobrik (2007)) ermittelt werden. Diejenigen Aktivitäten, die hohe Werte der *brokering* Aktivität aufweisen, werden also als Kernaktivitäten bezeichnet. Zur Bestimmung des genauen Intervalls, wird hier das dritte *Quartil* der geordneten Werte der *brokering* Aktivität als Trennwert herangezogen.

Im Abschnitt 4.4.2 und 6 wurde bereits die Metrik der *Entropie*, die aus der Informationstheorie stammt, definiert. Entsprechend wurde die Entropie eines Zeichens als der Erwartungswert seines Informationsgehalts definiert. Nach dem Verständnis der Sozialwissenschaften ist die Entropie als Informationsmangel zu verstehen. Im Kontext der Geschäftsprozesse und der Aktivitäten der Geschäftsprozesse kann ebenfalls die Entropie einer Aktivität berechnet werden. Während in der Informationstheorie der Informationsgehalt eines Zeichens durch die Häufigkeit seines Auftretens, d.h. durch seine statistische Signifikanz, bestimmt wird, kann die Entropie im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse anhand der ausgetauschten *linkevents* einer Aktivität bestimmt werden. Je größer der Entropiewert einer Aktivität, desto größer ist der *Informationsmangel* an dieser Stelle im Prozess. Das bedeutet, dass die entsprechende Aktivität zusätzliche, also (überdurchschnittlich) zahlreiche Informationen für ihre Ausführung benötigt. Im Unterschied zur Informationssenke, deren Informationsbedarf bereits eingeplant und modelliert wurde, wird das Informationsbedürfnis der Aktivitäten mit einem hohen Entropiewert erst durch seine Berechnung sichtbar. Ist eine Diskrepanz zwischen den oben bereits ermittelten Informationssenken und der durch die Entropiewerte ermittelten Aktivitäten mit Informationsmangel zu beobachten, kann diese Tatsache einen Hinweis darauf geben, dass die entsprechenden Informationsbedarfe nicht eingeplant sind und somit auch nicht im Prozessablauf berücksichtigt werden. Diese Tatsache stellt ein Potenzial im Bereich des Informationsmanagements im Prozess dar.

Das Konzept der Entropie kann ebenfalls auf die Verwaltung des Gesamtprozesses übertragen werden. Die Summe der gesendeten und empfangenen Nachrichten, also die Gesamtzahl der *linkevents* LE, in einer Aktivität s kann auch als Indikator für die Zustandsänderungen eines Prozessschrittes betrachtet werden. Der Gesamtzustand des Prozesses kann als die Summe der einzelnen Zustände der Prozessschritte betrachtet werden. Wie bereits im Abschnitt 3.3.1 erläutert wurde, hängt der Gesamtzustand des Systems von der Summe der Wahrscheinlichkeitsfunktionen der einzelnen Systemelemente p_s ab. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion der *linkevents* kann über die Entropie $H(P)$ unter Be-

rücksichtigung der Summe der insgesamt auftretenden Ereignisse, wie bereits im Kapitel 6 beschrieben, bestimmt werden (siehe Gleichung 7.6.1). Wird die Gesamtentropie des Prozesses bestimmt, kann diese in die Beobachtung der Prozessabläufe als Kennzahl einbezogen werden. Die Aktivitäten mit der kleinsten Entropie sind diejenigen, die zum einen über die größte Wahrscheinlichkeit verfügen ihren Zustand zu ändern. Zum anderen kann über die Entropie der Verlauf des Prozesses z.B. gegenüber dem modellierten Verlauf abgeglichen werden.

$$H(P) = -\sum_{s \epsilon S} p_s log_2(p_s);\ p_s = \frac{LE(s)}{\sum_{i=1}^{S} LE(s_i)} \tag{7.6.1}$$

Die Entropie steigt, wenn die Anzahl der *linkevents* im Prozess sinkt. Das kann zum einen den Ausfall von bestimmten Schritten bedeuten bzw. ein Hinweis darauf sein, dass die benötigte Information auf einem anderen Weg eingeholt wurde. Steigt die Anzahl der Ereignisse im Prozess, sinkt die *Gesamtentropie* des Prozesses. Die gestiegene Ereigniszahl kann ein Hinweis auf Störungen im Prozess bzw. auf erhöhten Informationsbedarf sein. Ist dauerhaft eine niedrige Entropie zu beobachten, muss die Art der Informationserhebung bzw. –Aufbereitung analysiert und ggf. angepasst werden.

Die Betrachtung der Entropie muss nicht zwingend aus dem Prozessmodell erfolgen; dieses legt lediglich fest, welches Kommunikationsniveau in dem Prozess zunächst zu erwarten ist. Dieses kann als Referenz für die weitere Kommunikationsentwicklung betrachtet werden. Ändert sich die Gesamtzahl der verarbeiteten *linkevents*, können daraus jedoch Hinweise für den Prozessablauf abgeleitet werden. Der Verlauf der Prozessveränderungen kann zum einen aus den Workflow-Logs, falls der Prozess (teil-)automatisiert abläuft, zum anderen jedoch auch durch regelmäßige Prozessaudits abgeleitet werden.

Die *betweenness centrality* eines Knotens im Netzwerk wird in der Sozialen Netzwerkanalyse hinsichtlich der Wichtigkeit des Akteurs für den Informationsfluss im Netzwerk interpretiert. Insbesondere die Kontrolle des Informationsflusses im Netzwerk wird diesen Knoten unterstellt. Um diese Eigenschaft auch bei den Geschäftsprozessen überprüfen zu können, wird die *betweenness centrality* bei den Netzwerkknoten untersucht. Dabei kann festgestellt werden, dass Aktivitäten mit einem hohen Wert der *betweenness centrality* (also mit Werten aus dem dritten Quartil der Zentralitätswerte) häufig vor den XOR- bzw. AND-Konnektoren zu finden sind. Diese Aktivitäten fallen zudem häufig in die Menge der als Kommunikations- oder Kernaktivität identifizierten Prozessschritte. Diese Charakteristika weisen auf eine besondere Funktion der Aktivität für den Informationsaustausch im Prozess hin. Die Positionierung dieser unmittelbar vor oder nach den Konnektoren deutet zudem auf die kontrollierende Rolle dieser Aktivitäten bezüglich des Prozessflusses hin[31].

Die Zusammenfassung der identifizierten Aktivitätentypen und der entsprechenden Kennzahlen ist in der Tabelle 7.7 dargestellt.

[31] Siehe Anhang (digital: AktivitätenStat.xlsx): 34 der 58 Prozesse wurden hierfür untersucht. Dabei wurde die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass eine Aktivität aus dem 3. Quartil der betweenness centrality (BC) vor bzw. nach einem Konnektor steht; Die Wahrscheinlichkeit für die anderen Aktivitäten wurde ebenfalls berechnet; Bei 26 Prozessen war die Wahrscheinlichkeit, dass eine der Aktivitäten mit hohem BC-Wert vor oder nach dem Konnektor steht, größer gegenüber anderen Aktivitäten.

Aktivitätentyp	Netzwerkmetrik	Beschreibung
Kommunikationsaktivität	Degree Centrality	Zeigt die Aktivitäten mit den meisten direkten Kontakten auf.
Kontrollaktivität	Betweenness Centrality	Beeinflusst den Prozessablauf.
Informationsquelle	Number of linkevents sent	Sendet Informationen.
Informationssenke	Number of linkevents received	Erfordert bzw. empfängt zahlreiche Informationen.
Prozesssenke	max. number of linkevents received	Senke des Kontroll- und Informationsflusses im Prozess- Prozessergebnis.
Kernaktivität	Brokering Activity	Gibt den Einfluss eines Knotens auf die Netzwerkstruktur wider.
Informationsbedarf	Informationsdichte- Entropie	Gibt den Informationsgehalt einer Aktivität wider.

Tabelle 7.7.: Übersicht der Aktivitätentypen und ihrer Metriken

Die Einführung der Rollen wie Informationsquelle und –Senke führt dazu, dass auf der Aktivitätenebene das Prozessnetzwerk als ein gerichteter Graph betrachtet wird. Somit sind die Informationsquellen Knoten mit einem hohen Out-Degree, während die Informationssenken Knoten mit einem hohen In-Degree unter Berücksichtigung der *linkevents* darstellen. Der Informationsbedarf einer Aktivität, der mithilfe der Entropie der *linkevents* bestimmt wird, wird in den nachfolgenden Analysen nicht betrachtet, da in den untersuchten Prozessen die Anzahl der gesamten *linkevents* einer Aktivität sich nicht wesentlich von der Anzahl der gesendeten bzw. empfangenen *linkevents* unterscheidet. Somit wird in dem Fall der hier untersuchten Prozesse kein Mehrwert durch die Betrachtung dieser zusätzlichen Metrik gegenüber den Erkenntnissen aus der Bestimmung der Informationsquellen und -Senken erzielt werden können.

Diese Typisierung der Geschäftsprozessaktivitäten berücksichtigt ihr Verhalten bezüglich der Informationsübermittlung im Prozess. So können die Aktivitäten, ähnlich den Akteuren in einem sozialen Netzwerk, bezüglich ihres Informationskapitals überschieden

werden. Die Aktivitätentypisierung erlaubt nun also Aussagen über das ihnen (potenziell) zur Verfügung stehende Informationskapital. So kann die Definition des Informationskapitals aus dem Abschnitt 6.2 präzisiert werden. Das Informationskapital kann, analog zu der Definition vom sozialen Kapital von Nahapiet and Ghoshal (1998, S. 243) als die *Summe der tatsächlichen und potenziellen Ressourcen, die in den Beziehungen eines Netzwerks eingebettet und erhältlich sind sowie aus diesen von einem Prozessschritt oder Akteur abgeleitet werden können*, definiert werden.

Auch (Cardoso (2006, 2005b)) definiert wichtige Aktivitäten im Prozess (siehe Abschnitt 6.2.2). Ihre Bedeutung ist allerdings mit dem Kopplungswert, also ihrer funktionalen Wichtigkeit, verbunden. In dieser Arbeit wird die Kernaktivität anhand ihrer Bedeutung für die Netzwerkstruktur, bezogen auf die Informationsübermittlung, bestimmt. Khlif et al. (2010) verwendet die Anzahl der ankommenden bzw. ausgehenden Nachrichten und Verbindungen innerhalb des Prozesses, um den Verbundenheitsgrad eines Prozesses und somit den Grad der Einbettung der Elemente im System zu bestimmen (*imported* bzw. *exported coupling*). In dieser Arbeit werden die ankommenden und gesendeten Nachrichten zur Bestimmung der Rollen und des Informationsverhaltens von Prozessschritten verwendet. Dabei wird die Prozesssenke, also das Prozessergebnis, anhand der empfangenen Nachrichten bestimmt.

7.6.3. Bezug der Informationsmetriken zu Prozesstypen

Die Klassifikation der Prozessaktivitäten erfolgte bisher basierend auf der jeweiligen Kommunikationsintensität. Nun stellt sich die Frage, ob die Definition der Metriken gegebenenfalls lediglich bei Prozessen mit ausgeprägtem Informationsaustausch sinnvoll ist. Diese Frage entspricht der im Abschnitt 1.3.1 aufgestellten Forschungshypothese F4.

Um diese Frage zu beantworten, wurde nun das Verhältnis der informationsbezogenen Aktivitäten wie Informationsquelle und –Senke bei den im Abschnitt 2.2 identifizierten Prozesstypen untersucht: Die Anzahl k bzw. l der Informationssenken (Is) bzw. –Quellen (Iq) im Prozess wurde gezählt und mit der Anzahl der Knoten im Netzwerk normiert (n) (siehe Gleichung 7.6.2).

$$IQ = \frac{\sum_{i=1}^{l} Iq_i}{n}, IS = \frac{\sum_{i=1}^{k} Is_i}{n} \tag{7.6.2}$$

Auch die in Gleichung 7.6.1 beschriebene Entropie *H(P)*, hier als IE bezeichnet, wurde als Vergleichsmetrik eingesetzt, da sie den Informationsgehalt im Prozess aufgreift. Anschließend wurden informations- und nicht informationsintensive Prozesse, entscheidungsintensive und nicht entscheidungsintensive sowie abstimmungsintensive und nicht abstimmungsintensive Prozesse jeweils bezüglich der Unterschiede in diesen Metriken: *IQ*, *IS* und *IE* sowie der Verhältnismetrik *IQ/IS* geprüft (siehe Anhang[32]).

Der t-Test ergab, dass informationsintensive und nicht informationsintensive Prozesse *nicht* anhand der vorhandenen Informationsquellen bzw. –Senken oder anhand des Verhältnisses dieser beiden Kennzahlen voneinander unterschieden werden können. Hingegen unterscheiden sich entscheidungsintensive Prozesse und nicht entscheidungsintensive

[32] Digital: AuswertungProzesse.

Prozesse bezüglich der Anzahl der Informations*senken* auf dem Signifikanzniveau von α= 5% signifikant von einander (Signifikanzwert= 0,0034). Dabei haben nicht entscheidungsintensive Prozesse im Durchschnitt eine *größere* Anzahl an Informationssenken als entscheidungsintensive Prozesse. Die gleiche Aussage kann bezüglich der abstimmungsintensiven Prozesse getroffen werden. Hier beträgt der Signifikanzwert 0,008. Auf einem Signifikanzniveau von α=10% können entscheidungsintensive Prozesse zudem anhand der Anzahl der Informations*quellen* im Prozess unterschieden werden. Dabei besitzen die *nicht* entscheidungsintensiven Prozesse im Durchschnitt signifikant *mehr* Informationsquellen als entscheidungsintensive Prozesse. Der Signifikanzwert beträgt dabei 0,055[33].

Aus diesen Ergebnissen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, die die Vermutungen aus dem Abschnitt 7 unterstützt, dass sowohl bei entscheidungsintensiven als auch bei abstimmungsintensiven Prozessen die Adressaten der Kommunikation wohl definiert, also auf wenige Empfänger fokussiert sind, während bei den nicht entscheidungsintensiven und nicht abstimmungsintensiven Prozessen die Kommunikationsaktivitäten relativ gleichmäßig zwischen den Knoten im Netzwerk verteilt sind. Das kann so interpretiert werden, dass die entscheidungsintensiven Prozesse über wenige Aktivitäten verfügen, die Informationen erfordern, diese können ebenfalls als Entscheidungsverantwortliche interpretiert werden. Potenziell können diese Aktivitäten auch als Quellen bzw. Auslöser von Geschäftsregeln betrachtet werden, da sie eine informationsakquirierende Aktivität anstoßen (siehe Abschnitt 3.5). Auch verfügen die entscheidungsintensiven Prozesse über wenige Informationsquellen, d.h. die Informationen, die zum Treffen der Entscheidungen notwendig sind, kommen von einigen wenigen Informationsquellen.

Aus der Sicht der *Informationsbedarfsanalyse* bedeuten diese Ergebnisse, dass bei entscheidungs- und abstimmungs*intensiven* Prozessen, die Informations*nachfrage fokussierter* ist als bei nicht intensiven Prozessen. Auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 10\%$ kann zudem ergänzt werden, dass bei nicht entscheidungsintensiven Prozessen das Informationsangebot höher ist als bei entscheidungsintensiven Prozessen. Aufgrund dieser Ergebnisse muss die als Nullhypothese formulierte Forschungshypothese F4: *"Die Verteilung der Aktivitätenrollen hängt* nicht *von dem Prozesstyp ab"*, *verworfen* werden.

7.7. Validierung der Metriken für Prozessaktivitäten

Nun sollen die vorgeschlagenen Metriken auf noch nicht untersuchte Prozesse angewandt werden. Diese Prozesse wurden bereits auf ihre Typisierung im Abschnitt 7 vorgestellt und untersucht. Tabelle 7.8 fasst die Ergebnisse der Analyse der Aktivitätenrollen zusammen. Dabei werden die typisierten Aktivitäten mit ihrer Bezeichnung im Modell in der Tabelle aufgeführt.

[33]Siehe Anhang digital: AuswertungProzesse, SPSS.

Prozess	Kommunikations aktivitäten	IQ	IS	Kernaktivitäten	Kontrollaktivitäten
P1_ CarRental	Document case, enter information, inspect car, request data,	s. Komm.	s. Komm.	enter regulation info; Inspect car; contact customer contact insurance; Request car data	s. Kernaktivität
P2_ Zuschnitt	Absprache mit Stanzerin; auftrag abschließen; stanzkapazität prüfen;	Absprache mit Stanzerin; stanzkapazität prüfen;	Auftrag abschließen;	Absprache mit Stanzerin; Start; stanzkapazität prüfen; Auftrags-reihenfolge entscheiden; Auftrag; auftrag abschließen; stanzen;	s. Kernaktivität
P3_ MarketingI	Budget ermitteln; marketingmaßnah-men evaluieren; öffentlichkeitsmaß-nahmen evaluieren; bestehenden Plan bewerten; marketingplan freigeben; Produktbundling evaluieren; zeitraum festlegen; zielanalyse auswerten	Budget ermitteln; bestehenden Plan bewerten; Produktbundling evaluieren;....	marketing maßnahmen evaluieren; öffentlichkeits-maß nahmen evaluieren;	marketingplan freigeben; zeitraum festlegen; Plan korrigieren; bestehenden Plan bewerten; zielanalyse auswerten;	marketingplan freigeben; Plan korrigieren; mar-ketingmaßnahmen evaluieren; bestehenden Plan bewerten; Budget ermitteln;
P4_ neuabschluss	Angebot prüfen; Anfragedaten erfassen; Angebot vorlegen; Anfrage plausibilisieren; Angebot beantragen; Angebot erfragen; Angebot erstellen; Angebot signieren; Angebotsdaten erfragen; Antrag erstellen; Antrag prüfen; Antrag vorlegen; Antrag einreichen; Bedarf ermitteln; Daten ermitteln; Kundendaten ermitteln; Police erstellen;	Angebot prüfen; Anfragedaten erfassen; Angebot vorlegen; Angebot beantragen; Angebot erfragen; Angebot erstellen; ...	Angebot prüfen; Anfragedaten erfassen; Angebot vorlegen;	Angebot prüfen; Daten ermitteln; Police erstellen; Bedarf ermitteln; Angebot vorlegen; Antrag einreichen; Kundendaten ermitteln	Angebot prüfen; Daten ermitteln; Angebot beantragen; Anfragedaten erfassen; Angebot vorlegen; Police erstellen; Bedarf ermitteln; Angebot erstellen;

Tabelle 7.8.: Ergebnisse der Evaluierung der Aktivitätenmetriken

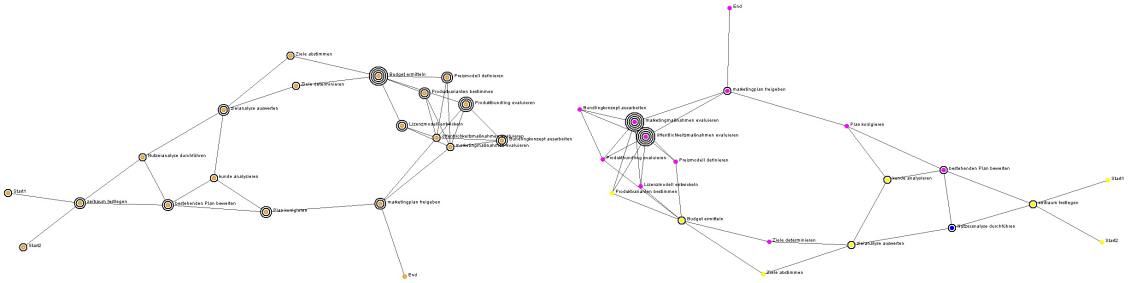


Abbildung 7.7.1.: Prozessnetzwerke (P3) mit Informationsquellen (links) und -Senken (rechts)

Bei dem Prüfprozess P1 können die Prozessschritte nicht nach ihrer Rolle in der Informationsverteilung eindeutig unterschieden werden, da die Aktivitäten die gleiche Anzahl von Nachrichten versenden und empfangen. Das wird z.B. dadurch sichtbar, dass die Werte der Metrik der Informationsdichte (Entropie) bei allen Aktivitäten gleich groß sind (0,2605) und sich lediglich von den Werten der Start- und Endereignisse (0,1636) unterscheiden.

Der Prüfprozess P2, P3 und P4 verfügen über unterschiedliche Anzahl an Aktivitäten, die sowohl als Informationsquellen, als auch als Informationssenken bezeichnet werden können (siehe auch Abbildung 7.7.1). Diese Erkenntnis stimmt mit den Ausführungen von oben und von der durchgeführten Prozessanalyse im Abschnitt 7 überein: die als entscheidungs- bzw. abstimmungsintensiv identifizierten Prozesse (P3 und P4 bzw. P2-P4) verfügen über wenige, klar definierte Informationsquellen[34]. Als Prozesssenke kann bei dem Prozess P2 u.A. die Aktivität "Auftrag abschließen" bestimmt werden. Im Prozess P3 sind es die Aktivitäten "Marketingmaßnahmen evaluieren" sowie "Öffentlichkeitsmaßnahmen evaluieren" mit jeweils fünf empfangenen Aktivitäten. "Angebot prüfen" kann als die Prozesssenke des Prozesses P4 definiert werden. Dabei wird sichtbar, dass die Prozesssenke bei den Prozessen P2 und P3 von dem Auftragnehmer ausgeführt wird. Das kann ein möglicher Hinweis darauf sein, dass das Modell ebenfalls von diesem erstellt wurde[35].

Durch die Validierung der identifizierten Metriken ist es deutlich geworden, dass sich die Mengen der Kernprozessschritte und die der kontrollflussbeherrschenden Prozessschritte überschneiden. Dennoch ist die Unterscheidung dieser beiden Kennzahlen wichtig. Die *brokering* Aktivität eines Knotens zeigt welche Rolle dieser bei der Entstehung der Netzwerktopologie hat. Die *betweenness* Zentralität hingegen gibt Hinweise auf die Knoten im Prozess, die für die Verbreitung der Information im Netzwerk verantwortlich sind.

[34] Die Übersichten der Kommunikationsaktivitäten im Prozess P2 und die der Informationsquellen in Prozessen P3 und P4 werden hier nur verkürzt dargestellt.
[35] Siehe Anhang A.

7.8. Zusammenfassung der Erkenntnisse der Aktivitätentypisierung

Bei der Analyse der möglichen Rollen der Aktivitäten in einem Geschäftsprozessmodell wurde deutlich, dass der Austausch von Informationen durch Nachrichten, der in Form von *linkevents* in der netzwerkorientierten Sicht berücksichtigt wird, zur Definition der Rollen von Prozessaktivitäten herangezogen werden kann. So können in einem Prozess Informationsquellen und –Senken sowie Kernaktivitäten, die die Kernstruktur des Netzwerks gestalten, unterschieden werden. Somit kann die als Nullhypothese formulierte Forschungshypothese F3 aus dem Abschnitt 1.3.1: *"Die Rollen der Prozessaktivitäten können bezüglich ihres Informationstransformationsverhaltens* nicht *unterschieden werden"*, *verworfen* werden.

Die Bestimmung der modellierten Informationsintensität eines Prozessschrittes kann z.B. als Grundlage für eine effiziente Monitoringstrategie für den Prozess angewandt werden. Die identifizierten Kommunikationsaktivitäten sind auch potenziell dafür geeignet, gezielt beobachtet zu werden, da sie ihre Zustände gemäß der Kommunikationsergebnisse aus der Interaktion mit anderen Aktivitäten verändern. Dieses Verhalten kann bei der Erhebung der Prozesskennzahlen bzw. des Prozesszustands hilfreich sein. Dabei ist es besonders wichtig, den Zustand der Kernaktivitäten beobachten zu können, um den Prozessablauf nicht zu gefährden. Informationsquellen verteilen häufig die für den Prozessablauf kritischen Informationen, während die Informationssenke diese verarbeitet. Diese Verarbeitung kann im Triggern einer Geschäftsregel bzw. einer bestimmten Aktion resultieren. Der Ablauf der Informationsverarbeitung innerhalb eines Prozessschrittes muss daher auch anhand von definierten Kennzahlen beobachtet werden.

Prozessaktivitäten mit hoher Informationsdichte spielen für den Entscheidungsträger eine besondere Rolle, da ihr Zustand den Prozessverlauf bzw. das Prozessziel maßgeblich beeinflusst. Auch zeigt die Entropieentwicklung im Prozess den Grad des Informationsaustauschs bzw. die Intensität der Zustandsveränderungen der Aktivitäten. Die Kenntnis der Aktivität, die das Ziel des Prozessablaufs darstellt (hier als Prozesssenke bezeichnet), stellt nicht nur für den Prozessanalysten eine wichtige Information dar. Auch der Prozessausführende kann wesentliche Informationen aus der Kenntnis der Prozesssenke und der Kernaktivitäten für seine Arbeit ableiten. Kann das Prozessziel bzw. die Prozesssenke nicht eindeutig identifiziert werden, kann dies ein Hinweis auf eine falsche Ressourcenallokation im Prozess und somit auch eine geringere Effizienz der Informationsverteilung, zur Folge haben.

7.9. Cognitive Fit

Zur Untersuchung der Forschungshypothese F5, bezüglich Rolle der Prozessvisualisierung bei der Prozessanalyse, wird in diesem Abschnitt zunächst das Konzept des *Cognitive Fit* eingeführt und im Anschluss in einem Laborexperiment untersucht. Das Paradigma des *Cognitive Fit* wurde bereits im Jahr 1979 von Bettman and Zins (1979) beschrieben und ist im Bereich der Kognitionswissenschaften angesiedelt. Es basiert auf der Annahme,

dass die Komplexität einer Aufgabe dann reduziert werden kann, wenn die Lösungswerkzeuge an die Lösungsstrategie angepasst werden. Die Hauptaussage der Cognitive Fit Theory ist es also, dass eine effektive und effiziente Problemlösung dann möglich ist, wenn die Repräsentation des Problems und die entsprechenden Lösungswerkzeuge alle Strategien unterstützen, die notwendig sind, um das Problem zu lösen (Vessey (1991)). Das bedeutet, dass die Problemdarstellung im Kontext der Problemlösung eine wichtige Rolle spielt.

Die theoretische Basis für dieses Paradigma bildet die Informationsverarbeitungstheorie (*information processing theory*), die besagt, dass menschliche Problembearbeiter dazu tendieren, den Lösungsaufwand für ein Problem zu minimieren, da sie lediglich über begrenzte Informationsverarbeitungskapazität verfügen (Newell and Simon (1972)). Eine der Möglichkeiten den Prozess der Problemlösung zu erleichtern ist es, die Problemdarstellung so zu gestalten, dass sie bestmöglich an die Lösungsaufgabe angepasst ist. Der Ansatz des Cognitive Fit basiert auf dem folgenden Modell von Vessey (1991), dargestellt in der Abbildung 7.9.1.

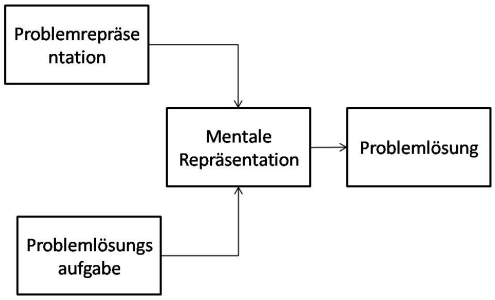


Abbildung 7.9.1.: Allgemeines Problemlösungsmodel (Vessey (1991))

Die Problemlösung entsteht hier durch das Zusammenspiel von der Präsentation des Problems und der eigentlichen Lösungsaufgabe. Diese führen zu einer mentalen Problemrepräsentation, auf deren Basis die Problemlösung statt finden kann. Dabei ist der Cognitive Fit eine emergente Eigenschaft des Problemlösungsmodells und beschreibt das Ausmaß der Anpassung der Problemrepräsentation und der Problemstellung.

Das Lösen des Problems wird hier als die Resultierende aus der Beziehung zwischen Problemdarstellung und Problemlösungsaufgabe gesehen. Die mentale Repräsentation ist das Problem, so wie es sich im Arbeitsgedächtnis (*human working memory*) des Menschen darstellt. Die Darstellung entsteht durch die Interaktion zwischen der Verarbeitung der Information bei der Darstellung des Problems und der Information, die zur Lösung des Problems benötigt wird. Passen die Informationen, die im Problemlösungsteil fokussiert wurden, kann der Problemlöser Prozesse anstoßen, die auf den gleichen Informationstyp ihren Schwerpunkt legen. Dadurch gleichen sich die Prozesse der Problemdarstellung und der Problembearbeitung, die der Problemlöser anwendet. So entsteht eine mentale Repräsentation, die den Problemlösungsprozess erleichtert. Entsprechend führt der Cognitive Fit zu einer effizienten und effektiven Problemlösung.

Die Kognitionswissenschaftler erklären den Mechanismus des Cognitive Fit im Kon-

text der Visualisierung als das Verständnis der visuellen Darstellungen im menschlichen Arbeitsgedächnis (Seagull and Walker (1992)). Dabei sind zwei Kognitionsprozesse, die im Arbeitsgedächnis statt finden, für die Verarbeitung von visueller Information zur Problemlösung (Larkin and Simon (1987)) zuständig: die Verarbeitung der Wahrnehmung (*perceptual processing*) und die konzeptuelle Verarbeitung (*conceptual processing*). Von der Verarbeitung der Wahrnehmung wird dann gesprochen, wenn Menschen aus visuellen Mustern Informationen ableiten (Bolles (1991)). Die konzeptuelle Verarbeitung integriert diese Information mit dem bereits vorhandenen Wissen bzw. Information(Kieras and Meyer (1997)). Aus den visuellen Variablen wie Farbe oder Form wird also zunächst eine mentale Repräsentation der Visualisierung abgeleitet. Diese wird dann in den konzeptuellen Kontext gesetzt. Wenn dieser keine adäquate mentale Repräsentation der Lösung anbietet, werden logische und mathematische Regeln angewendet, um einen ausreichenden Inhalt zu schaffen. Dabei verlangt die konzeptuelle Verarbeitung weniger Informationsverarbeitung als die Verarbeitung der Wahrnehmung (Pinker (1991)). Visualisierungen mit einem hohen Cognitive Fit unterstützen also die Verarbeitung der Wahrnehmung (Zhu and Watts (2010)).

Allerdings muss hier auch die Tatsache in Betracht gezogen werden, dass ein hoher Cognitive Fit von der Aufgabenstellung abhängt. Eine Darstellung, die für eine bestimmte Aufgabe einen hohen Cognitive Fit aufweist, unterstützt nicht unbedingt die Lösung eines anderen Problems. Der Cognitive Fit einer Problemrepräsentation wird anhand der Genauigkeitswerte (*accuracy*) der Antworten und der Zeit, die zur Problemlösung benötigt wurde, gemessen. Dabei werden mehrere Problemdarstellungen und die entsprechenden Lösungen mit Hilfe von statistischen Analyseverfahren wie multivariate Analyse, Korrelationsanalyse, etc. ausgewertet.

Die Cognitive Fit Theory wurde bereits in vielen Bereichen wie z.B. in der Softwaremodifikation und Verständnis (Shaft and Vessey (2006)), Wissensmanagement (Huang et al. (2006)), Verbraucherforschung (Brunelle (2009)) und Anforderungsmodellierung (Agarwal et al. (1996)) aufgegriffen und erweitert. In dieser Arbeit wird die Cognitive Fit Theory auf die Prozessanalyse angewendet. Die Problemstellung greift dabei allerdings den Aspekt der Informationsstrukturen in einem Geschäftsprozess auf. Die Fragestellung bezieht sich auf die Fähigkeit der Modellierungsmethoden von Prozessen Kommunikationsstrukturen abzubilden und somit ihre Analyse zu erlauben.

7.9.1. Untersuchungsgegenstand

Das hier beschriebene Experiment bezieht sich auf den Bereich des Informationsdesign und hat das Ziel, die Auswirkung bzw. den Mehrwert der Netzwerkdarstellung auf die Erfassung des Prozessverhaltens und seiner Informationsstrukturen zu untersuchen. Neben dem Kommunikationsverhalten einzelner Akteure, soll auch das Verständnis von zentralen Kommunikationsaktivitäten untersucht werden.

Es soll also untersucht werden, ob der Cognitive Fit bezogen auf die Identifikation der Informationsstrukturen in einem Prozess bei der Netzwerkdarstellung der Prozesse ein besserer ist, als bei der BPMN-basierten Darstellung. Dafür wird zunächst eine explorative Studie zur Interpretierbarkeit der Netzwerkdarstellung und ihren potenziellen

Mehrwert durchgeführt.

Folgende Aspekte sollen in der explorativen Studie untersucht werden:

- Identifikation der für die Kommunikation wichtigen Aktivitäten. Als Operationalisierung der Wichtigkeit wurden hier Kern- und Kommunikationsaktivitäten herangezogen;
- Die Beteiligung der Prozessakteure an der Kommunikation im Prozess;
- Unterschiede im Verständnis der Informations- und Kommunikationsstrukturen in einem Prozess zwischen den unterschiedlichen Prozessdarstellungen;
- Unterstützung des Verständnisses sowohl der Ablauf- als auch der Kommunikationsstrukturen in einem Prozess.

7.9.2. Experimentaufbau und –Ablauf

Um die oben beschriebenen Aspekte untersuchen zu können, wurde ein Experiment durchgeführt. Bei dem Labortexperiment handelte es sich um eine explorative Studie, mit der untersucht werden soll, ob und wie die Netzwerkdarstellung von Prozessen die Wahrnehmung der Prozessabläufe und -Strukturen beeinflusst. Dabei wurde ein bestimmter Prozess aus einem Industrieprojekt als Untersuchungsgegenstand betrachtet. Der Prozess lag den Experimentteilnehmern anonymisiert vor. D.h. um die Antworten der Teilnehmer auf strukturelle Eigenschaften des Prozesses zu fokussieren, wurden die Namen der Prozessaktivitäten durch einzelne Buchstaben und die Bezeichnungen der Akteure durch Zahlen ersetzt.

Die Ergebnisse wurden mithilfe eines Fragebogens aufgenommen.

Vor dem tatsächlichen Experiment wurde der vorgelegte Prozess mithilfe der netzwerkorientierten Analyse (siehe Abschnitt 8) sowie basierend auf der Interviewauswertung der Prozessteilnehmer, die bei seiner Aufnahme durchgeführt wurde, untersucht. Diese Bearbeitung, im Folgenden als „Kontext“ bezeichnet, diente als Grundlage für die Auswertung der im Experiment erhobenen Daten. Die angewendete Methode, der Verlauf des Experiments sowie die Ergebnisse und ihre Diskussion werden im Folgenden vorgestellt.

7.9.2.1. Methode

Ein Laborexperiment wurde durchgeführt, bei welchem die Teilnehmer zwei unterschiedliche Prozessdarstellungen ausgewertet haben. Die Prozessdarstellungen lagen den Teilnehmern zum einen als BPMN-Diagramm und zum anderen als eine Netzwerkdarstellung vor (siehe Abbildung 7.9.2). Die Vergabe der Darstellungen an die Teilnehmer erfolgte nach dem Zufallsprinzip; weder die Vorkenntnisse, noch Präferenzen der Teilnehmer bezüglich der Prozessdarstellung wurden bei der Zuweisung der Prozessdarstellung berücksichtigt. Dabei wurde die BPMN-Darstellung stellvertretend für die klassischen Prozessmodellierungsmethoden (siehe Abschnitt 2.5.3) ausgewählt.

Die Identifikation von ausschlaggebenden Faktoren für die Kommunikationsabläufe und Informationsstrukturen soll anhand der unterschiedlichen Darstellungen untersucht werden. Die Beschriftungen der Prozesselemente wurden anonymisiert, damit das subjektive Prozessverständnis bzw. der Prozessinhalt die Identifikation von Prozessstrukturen und Rollen der Elemente nicht beeinflusst.

7.9.2.2. Aufgabe

Die Aufgabe, die während des Experiments bearbeitet wurde, beinhaltete die Erkennung von Informationsstrukturen in der Prozessdarstellung. Die unterschiedlichen Darstellungen bezogen sich auf den gleichen Prozess, der allerdings in seinen Aktivitäten, Akteuren und Inhalt anonymisiert wurde. Die Teilnehmer füllten einen Fragebogen zur Dokumentation der Analyseergebnisse aus[36].

Der Fragebogen ist in drei Teile gegliedert. Zunächst werden allgemeine Daten zu Modellierkenntnissen der Teilnehmer erhoben: Erfahrung mit Prozessmodellierung und Modellierungssprachen sowie Häufigkeit der Prozessmodellierung. Im zweiten Teil werden zunächst die wahrgenommene Prozessstruktur (Anzahl der Akteure, wichtigste Akteure, isolierte Akteure) und die Rollenstruktur der einzelnen Aktivitäten (wichtigsten Aktivitäten, zusammenhängende Aktivitäten sowie die Aktivitätenreihenfolge) erhoben. Im dritten Teil wurden die wahrgenommene Klarheit der Darstellung und die subjektive Beurteilung der Eignung der Darstellung für die Automatisierung des Prozesses erhoben.

7.9.2.3. Problemdarstellungen

Die Prozessdarstellungen lagen zum einen als ein BPMN-Diagramm und zum anderen als ein Netzwerk vor (siehe Abbildung 7.9.2). Die Netzwerkdarstellung visualisierte den gleichen Prozess, der auch im BPMN-Modell abgebildet wurde. Die Prozessaktivitäten sowie *collapsed pools*, also passive Prozessakteure, wurden hierbei als Knoten und der Kontroll- bzw. Informationsfluss zwischen den Aktivitäten wurde als Kanten dargestellt. Durch die zusätzliche Anwendung des inhaltlichen Clustering-Verfahrens (siehe Bobrik and Trier (2009)), konnten die Prozessakteure durch die unterschiedlichen Farbtöne visualisiert werden.

Für die Netzwerkdarstellung des Prozesses wurde das Werkzeug Commetrix angewendet. Die entsprechenden Visualisierungsfunktionen der Knoteneigenschaften wurden hier eingesetzt. Mit der Farbe der Knoten wurde ihre Zugehörigkeit zu einem inhaltlichen Cluster (Akteur) verdeutlicht. Die Anzahl der gesendeten Ereignisse sowohl aus dem Kontroll- als auch aus dem Informationsfluss wurde durch die Anzahl der Knotenringe eines Knotens gekennzeichnet.

[36] Siehe Anhang C.

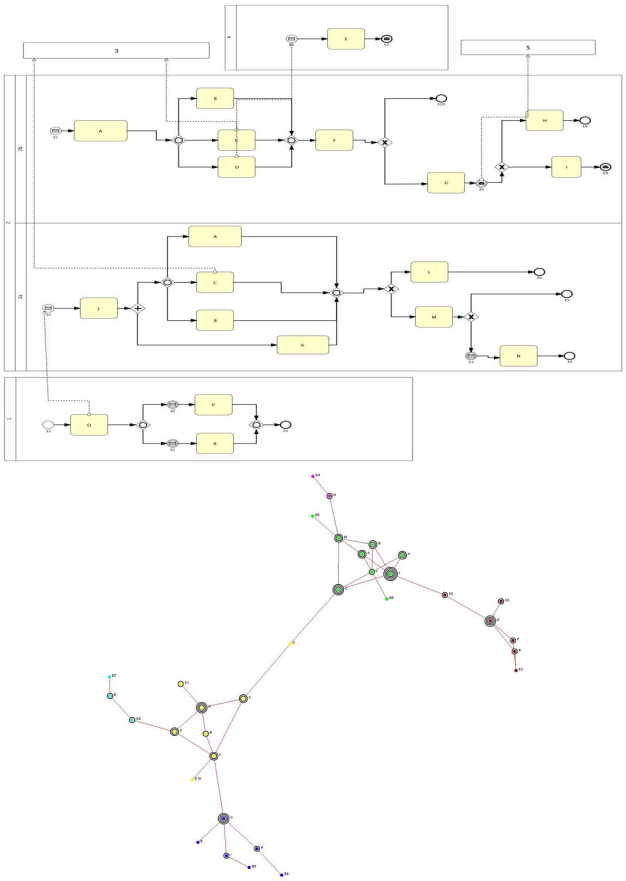


Abbildung 7.9.2.: Prozessdarstellungen für das Visualisierungsexperiment (eigene Darstellung)

7.9.2.4. Durchführung des Experiments

Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Jede der Gruppen bearbeitete entweder die BPMN- oder die Netzwerkdarstellung des Prozesses. Zusätzlich zu den Prozessdarstellungen bearbeiteten die Teilnehmer den oben beschriebenen Fragebogen. Die Bearbeitungsfragen bezogen sich auf das Verständnis der Ablaufstrukturen im Prozess und der gegenseitigen Beziehungen zwischen den einzelnen Aktivitäten. Vor dem Austeilen der Aufgaben wurden einige der im Frageboden verwendeten Begriffe erklärt. Diese Begriffe waren[37]:

Aktive Akteure: Akteure, die in den Prozess involviert sind, d.h. im Prozessablauf mit anderen Akteuren interagieren;

Interaktion zwischen Akteuren: Austausch von Nachrichten bzw. Aufteilung des Kontrollflusses;

[37] Siehe auch Anhang C.

Zentrale Aktivitäten (Kernaktivitäten): Aktivitäten, die für den Prozessablauf unbedingt notwendig sind bzw. aufgrund ihrer Kommunikationsintensität als solche erscheinen;

Funktionen: eine Gruppe von (logisch und fachlich) zusammenhängenden Aktivitäten;

Nachvollziehbarkeit der Darstellung: Aussage darüber, ob die Zusammenhänge der Abläufe und Zuständigkeiten der Akteure im Modell klar abgegrenzt und dargestellt sind.

7.9.2.5. Kennzahlen

Die Bearbeitungszeit für den Fragebogen wurde nicht als Leistungskennzahl in das Experiment aufgenommen, da es sich um eine explorative Studie handelt. Sollte diese Erkenntnisse über einen potenziellen Mehrwert der Netzwerkdarstellung von Prozessen aufdecken, muss die nachfolgende Studie die Zeit als eine Kontrollgröße betrachten. Die Ergebnisse wurden bezogen auf die Ergebnisse der vorangestellten netzwerkorientierten Prozessanalyse bewertet (siehe Tabelle 7.9). Die Antworten wurden dann als „korrekt“ bewertet, wenn sie mit den Ergebnissen dieser Prozessanalyse übereinstimmten. Dafür wurde die anonymisierte Prozessdarstellung mit der ursprünglichen Darstellung abgeglichen.

Es sollte also die Korrektheit und die Kohärenz der Antworten zwischen den zwei Darstellungen ausgewertet werden. Dabei wurde der Anteil der als „korrekt“ definierten Ergebnisse berechnet und für beide Darstellungsgruppen gegenüber gestellt. Die Erkenntnisse wurden anschließend diskutiert.

7.9.2.6. Teilnehmer

Die Teilnehmer des Experiments waren hauptsächlich Studierende der Studiengänge Informatik und Wirtschaftsingenieurwesen im Bachelor- bzw. Masterstudium. Es wurden auch Teilnehmer ohne eingehende Erfahrung in Prozessmodellierung einbezogen, da ebenfalls das intuitive Verständnis des Prozessmodells untersucht werden sollte. Die Teilnehmerzahl betrug 28 Teilnehmer. 14 Teilnehmer haben die BPMN-Prozessdarstellung bearbeitet, 14 Teilnehmer haben den Prozess in der Netzwerkvisualisierung untersucht. 75% der Gesamtteilnehmer haben bereits Erfahrungen mit Prozessmodellierung gemacht, 64,3% kannten zudem andere Modellierungssprachen neben BPMN. Jeder Teilnehmer hat nur einmal an dem Experiment teilgenommen.

7.9.2.7. Vorgehen

Vor dem eigentlichen Experiment wurden zwei Pretests des Fragebogens durchgeführt. Als Ergebnisse der Pretests wurden die Formulierung der Fragen und der allgemeine Ablauf angepasst. Es wurden keine Anpassungen der Prozessdarstellungen durchgeführt.

Der Verlauf des Experiments beinhaltete eine kurze Einführung in die Problemstellung. Dabei wurde die Prozessmodellierungsmethode BPMN anhand eines unabhängigen Beispiels wiederholt. Der Schwerpunkt der Wiederholung lag auf den Modellelementen

und Darstellung der Kommunikation im Modell. Diese Wiederholung diente dazu, eine gemeinsame semantische Basis zu schaffen. Einige der im Fragebogen erwähnten Begriffe wie „Kernaktivität“ und „Kommunikation“ wurden kontextneutral erläutert (siehe Abschnitt 7.6). Da das Konzept der Prozessdarstellung als ein Netzwerk noch relativ neu ist, wurde ein Beispielgeschäftsprozess sowohl als ein BPMN-Diagramm als auch in Form eines Netzwerks vorgestellt. Die Grundstruktur des Netzwerks wurde dabei kurz erläutert. Die Knoten wurden als Prozessaktivitäten bzw. *collapsed pools* und die Kanten als Kontroll- bzw. Informationsfluss zwischen den Aktivitäten vorgestellt. Die Farbe der Knoten wurde als ein möglicher Hinweis auf die Zugehörigkeit einer Aktivität zu einem Akteur erläutert. Die Bedeutung der Knotenringe und ihrer Anzahl wurde definiert.

Nach dieser kurzen Einführung wurden die auf DIN A4 ausgedruckten (farbigen) Prozessdarstellungen und die Fragebögen ausgeteilt. Die Fragebögen sind dabei bis auf die Überschrift, die ihre Zuordnung für Auswertung erleichtern soll, identisch. Der in BPMN modellierte Prozess wurde mithilfe des Signavio-Werkzeugs erstellt. Die Bearbeitungszeit wurde den Teilnehmern freigestellt. Die Experimente wurden in Gruppen von bis zu ca. 15 Studierenden durchgeführt. Die Aufgabe wurde jedoch einzeln bearbeitet. Das beschriebene Vorgehen und die Aufgaben waren bei jeder Gruppe identisch. Im Durchschnitt betrug die Bearbeitungszeit pro Gruppe ca. 20 Minuten.

7.9.3. Auswertung und Ergebnisse des Experiments

Bei der Auswertung der Fragebogenergebnisse ist zunächst zu beachten, dass die Definition der Kommunikations- und der Informationsflüsse aus der Analyse der BPMN-basierten Modelle stammt (siehe Abschnitt 7). Diese Definition wurde demnach auch auf die Definition der Netzwerkmetriken übertragen und für die netzwerkbasierte Prozessanalyse angewendet- so konnte ein potenzieller Bias zu Gunsten der aus dem BPMN-Modell gewonnen Erkenntnisse bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse nicht verhindert werden. Dieser wird jedoch bei der Diskussion der Ergebnisse zusätzlich in Betracht gezogen.

Tabelle 7.9 fasst die Auswertung der Ergebnisse zusammen. Die Zeilen der Tabelle beinhalten die Fragenkategorien. Die Spalten listen die Ergebnisse der Prozessanalyse mit Hilfe der jeweiligen Prozessdarstellung bzw. die aus dem Kontext formulierten Kontrollgrößen auf. Dabei wird zunächst die Antwortvariante und in der folgenden Zeile die Prozentzahl der Teilnehmer, die sich für diese Variante entschieden haben, angegeben.

	BPMN	Netzwerk
Anzahl Experimentteilnehmer	14	14
Anzahl der Akteure	6: 7/14 5: 5/14 4: 1/14 k.A.: 1	6: 13/14 32: 1/14
Kommunikationsntensität	Ja: 10/14 k.A.: 4/14	Ja: 100%
Hauptkommunikationsakteure	1: 1/14 2a: 4/14 2b: 12/14	1: 1/14 2a: 11/14 2b: 11/14 k.A.: 2/14
Isolierte Akteure	1: 6 3: 5 4: 6 5: 9 k.A.: 1	1:1 3: 1 4: 8 5: 7 6: 7 k.A.: 2
Zentrale Aktivitäten	A: 9 B: 9 C: 6 D: 1 F: 4 J: 3 K:1 O: 3 k.A.: 2	A: 11 B: 1 C: 9 F: 1 G: 8 J: 11 L: 1 O: 10 3: 1 S1: 1 k.A.: 2
Reihenfolge der Prozessschritte	Korrekt: 11/14 Falsch: 3/14	Korrekt: 10/14 Falsch: 2/14 k.A.: 2
Verständnis der Darstellung	ja: 10/14 nein: 4/14	ja: 4/14 nein: 9/14 k.A.: 1/14
Automatisierbarkeit der Darstellung	ja: 10 nein: 2 k.A.: 2	ja: 5 nein: 6 k.A.: 3

Tabelle 7.9.: Übersicht der Experimentergebnisse

Die netzwerkorientierte Prozessanalyse hat die Aktivitäten: C, G, E8, H, J, B, M, L und 3 als *Kernaktivitäten* des Prozesses identifiziert. Die Teilnehmer, die das **BPMN**-Diagramm analysiert haben, identifizierten übereinstimmend B, C, und J (und somit ca. 33,3% der Lösungen) als Kernaktivitäten mit entsprechend 9, 6 und 3 von 14 der Stimmen, also durch 64,3%, 42,9% und 21,4% der Teilnehmer. Die Teilnehmer, die die **Netzwerkdarstellung** analysiert haben, identifizierten J (mit 11 von 14 Stimmen, also

zu 78,57%), C mit 9 von 14 (64,29%), G mit 8 von 14 (57,14%) sowie 3, L und B (mit 1 von 14 Stimmen, 7,14%) als *Kernaktivitäten* und somit zwei Drittel (66,7%) der als Kernaktivitäten identifizierten Prozessschritte.

Als *Kommunikationsaktivitäten* hat die netzwerkorientierte Analyse folgende Prozessschritte identifiziert: M, F, J, L, A, G, O, C. Die Analysten der **Netzwerkvisualisierung** haben dabei die Aktivitäten A, J, O, C, G, F und L (zu 78,57%, 78,57%, 71,43%, 64,29%, 57,14%, 7,14% und 7,14%) als zentrale Aktivitäten identifiziert. Diese Menge findet sich zu 87,5% in der Menge der Kommunikationsaktivitäten, während die Analysten des **BPMN**-Modells die Aktivitäten A, C, F, J und O mit entsprechend 64,3%, 42,9%, 28,6%, 21,4% und 21,4% der Personen, die diese Aktivität als wichtig erkannt haben, als Kommunikationsaktivität identifiziert haben. Somit wurden 87,5% bzw. 62,5% der Kommunikations- und 66,7% bzw. 33% der Kernaktivitäten von den Netzwerkanalysten bzw. BPMN- Analysten erkannt.

Die Tabelle 7.10 zeigt die prozentuelle Anzahl der korrekten Antworten in Bezug auf die Kontext-Vorgaben.

	BPMN	Netzwerk
Anzahl Experimentteilnehmer	14	14
Richtige Angaben zur Anzahl der Akteure in %	50	92,9
Richtige Angaben zu wichtigsten Aktivitäten (Kernaktivitäten) in % der Aktivitäten	33,3	66,7
Anteil der Teilnehmer, die die Aktivität als wichtig erkannt haben (Durchschnitt in %)	42,9	36,8
Richtige Angaben zur Kommunikationsintensität in %	71,4	100
Richtige Angaben zu Hauptkommunikationsakteuren in %	85,7	78,6
Richtige Angaben zu Hauptkommunikationsaktivitäten in %	62,5	87,5
Anteil der Teilnehmer, die die Aktivität als kommunikationsintensiv erkannt haben (Durchschnitt in %)	35,72	52,04
Richtige Angaben zur Reihenfolge der Prozessschritte in %	78,6	71,43

Tabelle 7.10.: Zusammenfassung des Experiments zu Cognitive Fit Theorie

Als Hauptkommunikationsakteur wurde 2b von der Netzwerkanalyse definiert. Interessant sind auch die Ergebnisse bezüglich der Bewertung der Kommunikationsaktivität zwischen den Prozessteilnehmern. So beurteilen diejenigen Experimentteilnehmer, die das BPMN-Diagramm analysiert haben, die Interaktion zwischen den Akteuren 2a:3, 2b:3 (7 von 14 Teilnehmern, d.h. 50%) und 2b:4, 2b:5 (6 von 14 Teilnehmern, d.h. von 42,9%) als besonders hoch. Während die Experimentteilnehmer, die die Netzwerkdarstellung analysiert haben, die Interaktion zwischen den Akteuren 2a:3 bzw. 2b:3 (8 von 14 Teilnehmern, d.h. 57,14%) als besonders hoch interpretieren. Aus dem Prozesskontext wird sichtbar, dass die Interaktion zwischen diesen beiden Akteuren (2a und 2b, Organisationseinheiten des betrachteten Unternehmens) am stärksten ausgeprägt ist. Die Interaktion zu weiteren Prozessteilnehmern findet dagegen nur zu bestimmten Zeitpunkten statt.

7.9.4. Diskussion der Methode und Ergebnisse

Hier sollen nun die Ergebnisse des Experiments und ihre Validität diskutiert werden. Da das Laborexperiment eine Explorationsstudie darstellt, geben die Ergebnisse lediglich einen Aufschluss darüber, ob die Visualisierung der Prozessnetzwerke einen Mehrwert für den Prozessanalysten mit dem Schwerpunkt der Informationsstrukturanalyse darstellen kann.

7.9.4.1. Einschränkungen

Die Prozessdarstellungen wurden anonymisiert, so dass die Ergebnisse auf die Erkenntnisse aus dem Strukturverständnis fokussiert werden konnten. Die Prozess- und Aktivitäteneigenschaften, die im Fragebogen erhoben wurden, wurden vor dem Experiment erklärt und an Beispielen verdeutlicht. Allerdings basierte die Bewertung der Antworten auf den Erkenntnissen der netzwerkorientierten Analyse sowie den spezifischen Erfahrungen bei der Aufnahme und Dokumentation des Prozesses. Korrektheit der Antworten wurde anhand der aus dem Kontext festgelegten Aspekte bestimmt. Jedoch wurden sowohl der Experimentaufbau als auch die Auswertung von derselben Person vorgenommen.

Die Teilnehmer des Experiments waren hauptsächlich Master- und Bachelorstudenten mit einer eingeschränkten Erfahrung in und Kenntnis der BPMN-Prozessmodellierung. Allerdings zielte die Auswahl der Teilnehmer bewusst nicht auf Modellierungsexperten, da die Wahrnehmung der Prozessstrukturen und Abläufe im Rahmen einer Prozessanalyse untersucht werden sollte. Im Mittelpunkt stand ebenfalls die Frage nach intuitivem Verständnis der Prozesse und ihrer Informationsstrukturen. Dennoch kann die Einbeziehung der Teilnehmer, die über Erfahrung in Prozessmodellierung verfügen, sich positiv auf die Ergebnisse der Analyse des BPMN-Modells ausgewirkt haben.

Das Experiment und seine Auswertung wurden unter insgesamt kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Bei der Auswertung der Antworten wurde die anonymisierte Prozessdarstellung auf die ursprüngliche Darstellung inklusive aller Bezeichnungen zurückgeführt. Die Ergebnisse des Experiments sollen zunächst als eine explorative Studie verstanden werden, die dazu dient, die observationsbasierte Analyse von Geschäftsprozessen durch den netzwerkbasierten Ansatz zu unterstützen.

7.9.4.2. Bedeutung der Ergebnisse für die Prozessanalyse

Die Ergebnisse des Laborexperiments zeigen, dass ein besserer Cognitive Fit bei Netzwerkdarstellung zu erwarten ist, wenn Informationsstrukturen eines Geschäftsprozesses untersucht werden sollen, da die Analysten der Netzwerkdarstellung die für die Informationsverteilung wesentlichen Aktivitäten (sowohl Kern- als auch Kommunikationsaktivitäten) in einem größeren Umfang erkannt haben, als die Analysten des BPMN-Diagramms. Die Kommunikationsaktivitäten wurden ebenfalls von einem größeren Anteil der Netzwerkanalysten als BPMN-Analysten identifiziert. Für das Verständnis von Prozessabläufen eignet sich dennoch die BPMN-Darstellung besser. Bezogen auf den aktuellen Analysestand kann hier die als Nullhypothese formulierte Forschungshypothese F5: *Netzwerkvisualisierung eines Prozesses unterstützt den Analysten nicht bei der Ermittlung von*

Informationsstrukturen des Prozesses also nicht bestätigt werden und wird basierend auf den Ergebnissen der Explorationsstudie verworfen.

Diese Ergebnisse können zum Teil darauf zurück geführt werden, dass die Netzwerkdarstellung die Gestalttheorie unterstützt, da die Betrachter die Gesamtstruktur und nicht die einzelnen Elemente bzw. ihre Eigenschaften wahrnehmen. Daraus können wichtige Informationen für das Informationsmanagement sowie Prozessgestaltung und –Steuerung gewonnen werden. Auch können die Kernaktivitäten des Prozesses effizienter identifiziert und verwaltet werden.

8. Netzwerkbasierter Ansatz zur ereignisorientierten Prozessanalyse

In diesem Kapitel wird zunächst die Rolle der Netzwerkanalyse für die Analyse von Geschäftsprozessen umrissen. Anschließend wird das Vorgehen des netzwerkbasierten Ansatzes zur ereignisorientierten Prozessanalyse vorgestellt und diskutiert. Dabei werden Prozesstypen und Aktivitätenrollen, die mithilfe der netzwerkbasierten ereignisorientierten Prozessanalyse identifiziert werden können, sowie die entsprechenden Metriken aufgelistet und erläutert. Die sich aus der Analyse ergebenen Aspekte werden zusammengefasst und in den Kontext des Geschäftsprozessmanagements gesetzt. Eine Diskussion des Ansatzes schießt den Abschnitt ab.

8.1. Einsatz der Sozialen Netzwerkanalyse zur Analyse von Geschäftsprozessen

Im Kontext der Sozialen Netzwerkanalyse stellt ein Graph das Model eines sozialen Netzwerks mit Akteuren als Knoten und den gegenseitigen Verbindungen als Kanten dar. Die Petri-Netze (Petri (1962)) können als Grundlage vieler Prozessmodellierungsnotationen gesehen werden. Hier wurde bereits der Gedanke aufgegriffen, Abläufe als ein Netz bzw. Graph darzustellen. Dieser Ansatz bildet ebenfalls die Grundlage für die mathematische Fundiertheit und Simulationsfähigkeit der dargestellten Petri-Netz-Modelle. Wird dieser Ansatz erweitert und werden nicht nur der fachlogische Ablauf des Prozesses, sondern auch die Informations- und Kommunikationsflüsse im Prozess betrachtet, kann der Prozess als ein Netzwerk, dessen Elemente durch ihre Kommunikationsaktivitäten verbunden sind, dargestellt werden. Dabei können die Prozessaktivitäten, Start- und Endereignisse bzw. *collapsed pools* als Knoten und der sie verbindende Kontroll- bzw. Nachrichtenfluss als Kanten interpretiert werden. Hierdurch treten die Aktivitäten als Akteure auf, was zunächst der intuitiven Begriffsanwendung widerspricht. Die Aktivitäten werden jedoch im Datenmodell des Netzwerkes einem Akteur zugeordnet und können entsprechend visualisiert werden.

In der ereignisorientierten Netzwerkanalyse werden die eingehenden bzw. ausgehenden Kontroll- und Informationsflüsse als Ereignisse interpretiert und geben das Kommunikationsverhalten im Netzwerk wider. Diese Prozesssicht wird ebenfalls von Corsi (1997) vertreten, der Prozesse als eine Ereignismenge definiert. Somit sind die Verbindungen bzw. Beziehungen im Netzwerk kontrollflussorientierte Ereignisaggregationen. Bei einer dynamischen Netzwerkanalyse, die z.B. im Rahmen einer Prozesssimulation stattfinden kann, können die Ereignisse mit einem Zeitpunkt des Auftretens versehen werden.

Die Anwendung der Methoden und Werkezuge der Sozialen Netzwerkanalyse soll es erlauben, Prozessstrukturen und –Verhalten zu verstehen sowie potenzielle Ansatzpunkte für eine nachfolgende Optimierung zu identifizieren. Es sollen also Prozessfaktoren bzw. -Elemente identifiziert werden können, die den Prozessablauf bzw. den Prozesserfolg wesentlich beeinflussen und steuern. Durch die Quantifizierung von Prozesseigenschaften und Eigenschaften von Prozesselementen sollen also die Prozesssteuerung und –Bewertung unterstützt werden.

Die Daten zur Durchführung der netzwerkbasierten Prozessanalyse stammen aus (realen) Prozessmodellen. Das bedeutet, dass sie in Zusammenarbeit mit Experten wie *prozess owner* bzw. *process participant* entwickelt und dokumentiert werden. Durch dieses Vorgehen werden Aspekte wie die Genauigkeit, Gültigkeit und Verlässlichkeit der Daten aufgegriffen. Dieser Analyseansatz erlaubt neben der Bestimmung der Prozesseigenschaften die Identifikation der Rollen der Prozessaktivitäten. Um die Beziehung zwischen den Prozessen, der Sozialen Netzwerkanalyse sowie der Graphentheorie zu verdeutlichen, stellt die Tabelle 8.1 diese Konzepte gegenüber.

Aspekte	Graph	SNA/Netzwerk	Prozess
Hauptelemente	Knoten	Akteure	Aktivitäten (Start-und Endereignisse sowie collapsed pools)
Verbindung	Kanten/line	Beziehungen/links (relations)	Kontroll- bzw. Nachrichtenfluss
Datenerhebung	Modelle, Sekundärerhebung	Primärerhebung: Selbstaus-kunft(Interviews) Sekundärerhebung: z.B. elektronische Daten	Primärerhebung: Interviews Sekundärerhebung: dokumentierte Prozessmodelle und -Beschreibungen
Kontext	Mathematische Theorien	Verhaltenstheorie, Soziologie	Prozessbeschreibungen, Geschäftsprozessmanagement
Interpretationsgrundlage	Mathematische Interpretation	Inhaltliche Interpretation	Prozesskontext

Tabelle 8.1.: Übersicht der Konzepte

Diese Übersicht verdeutlicht, dass zum einen die Netzwerkanalyse strukturähnlich an die Analyse von Prozessen angepasst werden kann. Die Untersuchung der Prozessnetzwerke mithilfe der Theorie der Zufallsnetzwerke im Abschnitt 7.1 hat zudem ergeben, dass die Geschäftsprozesse den *real-world* Prozessen zugeordnet und somit mit den Werk-

zeugen der Netzwerkanalyse untersucht werden können (siehe hierzu auch Levina and Hillmann (2012)). Zum anderen wird hier auch der Unterschied zwischen der klassischen und der dynamischen Analyse deutlich. In der dynamischen Analyse wird neben den Verbindungen zwischen den Knoten auch die Gewichtung dieser Verbindungen, hier als *linkevents* bezeichnet, sowie der Zeitpunkt des Auftretens der Kommunikation berücksichtigt. Dieser ereignisorientierte Aspekt erlaubt es, die Kommunikation über eine bestehende Verbindung zu analysieren und somit die unterschiedlichen Rollen im Netzwerk im Bezug auf ihr Informationsverhalten zu betrachten. Der Fokus auf das Kommunikationsverhalten durch die Einbindung der *linkevents* ist ein ausschlaggebender Grund für die Anwendung der Konzepte der ereignisorientierten Netzwerkanalyse für die Analyse von Geschäftsprozessen. Die Problematik der Datenerhebung in der Sozialen Netzwerkanalyse wurde bereits im Abschnitt 4.3 angesprochen. Auch im Kontext des Geschäftsprozessmanagements stellt sie eine Herausforderung dar. Allerdings entstehen die hier erhobenen Daten aus der Zusammenarbeit des Prozessverantwortlichen oder -Ausführenden und des Analysten. Somit kann hierdurch der Aspekt der subjektiven Beurteilung abgeschwächt werden. Wird die netzwerkbasierte Analyse im Kontext des Geschäftsprozessmanagements eingesetzt, muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse dem Kontext entsprechend zu interpretieren und umzusetzen sind. Dafür bilden die Prinzipien der Geschäftsprozessorientierung und des Geschäftsprozessmanagements die wichtigsten Grundlagen.

Die netzwerkbasierte Analyse von Geschäftsprozessen findet auf allen drei *Ebenen* der klassischen Netzwerkanalyse statt (Jamali and Abolhassani (2006)): der *beschreibenden*, durch die Visualisierung der Netzwerke, der *analytischen*, durch die Einbeziehung der Netzwerkmetriken und der *statistischen*, durch die Einbeziehung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

Um den Prozess als Netzwerk analysieren und visualisieren zu können, muss zunächst ein entsprechendes Datenmodell (siehe Abbildung 5.1.3) erstellt werden. Als Grundlage dient dabei die im Abschnitt 2.1.1 beschriebene Struktur der Geschäftsprozesse bzw. das entsprechende Prozessmodell. Die allgemeine Struktur des Datenmodells besteht aus Knoten, die die Prozessaktivitäten bzw. *collapsed pools* und Kanten, die die Ereignisse, also Zustandsänderungen der Aktivitäten, darstellen. Sowohl die Aktivitäten als auch die Ereignisse haben bestimmte Eigenschaften, die im Datenmodell aufgenommen und in der Netzwerkdarstellung visualisiert werden können.

Dabei sind die Eigenschaften einer Aktivität neben dem zugeordneten Index: der Name, *pool* und ggf. *lane*; die Eigenschaften eines Ereignisses sind sein Index und der jeweilige Index des Senders und Empfängers und gegebenenfalls der Zeitpunkt des Auftretens. Da die Prozessmodelle jedoch bereits eine bestimmte logische und zeitliche Abfolge der Aktivitäten widergeben, wird hier bei der Ereignisvisualisierung der Zeitpunkt nicht aufgenommen. Diese Eigenschaften können bei der Visualisierung des Netzwerks mithilfe von Visualisierungsvariablen der Knoten oder *links* wie z.B. Farbe, Größe oder Ringe kodiert werden.

8.2. Vorgehen der netzwerkbasierten ereignisorientierten Prozessanalyse

Der netzwerkbasierte Ansatz der ereignisorientierten Prozessanalyse kann als eine quantitative Erweiterung der prozessorientierten Analyse wie sie z.B. von Frank et al. (2007) beschrieben wird, betrachtet werden. Die Anwendung der Netzwerkanalyse unterstützt den systemischen Ansatz, der in dieser Arbeit angenommen und berücksichtigt wurde. Die Systemtheorie fordert die Berücksichtigung der Vernetztheit der Systemelemente, da aus den wechselseitigen Interaktionen der Systemelemente wesentliche Eigenschaften des Systems hervorgehen (Trier et al. (2007)) und somit untersucht werden können.

So kann das allgemeine Vorgehen der netzwerkbasierten Prozessanalyse als aus den folgenden vier Hauptphasen und den dazugehörigen Unterphasen bestehend betrachtet werden:

- Projektbegründung
- Ist-Analyse
  - Prozessaufnahme
  - Prozessmodellierung
  - Aufbereitung und Konvertierung der Daten
- Visualisierung und Analyse
  - Visuelle Prozessanalyse
  - Berechnung der Netzwerkmetriken
  - Ermittlung der Prozesstypen
  - Ermittlung der Aktivitätenrollen
- Maßnahmenplanung

Ähnlich wie die prozessorientierte Systemanalyse im Unternehmen (siehe Abschnitt 2.4.2) kann die netzwerkbasierte Prozessanalyse im Rahmen eines Projektes durchgeführt werden. Um ein Projekt zu initialisieren, muss zunächst das Problem, welches in dem Projekt bearbeitet werden soll, definiert werden. Sowohl die Problembeschreibung als auch die erwarteten Ergebnisse inklusive der voraussichtlichen Maßnahmen und des Projektaufwands werden in der Projektbegründung zusammengefasst (Näheres zu Projektbegründung siehe z.B. (Frank et al. (2007, S. 192f)). Auch die Phase der Ist-Analyse kann ähnlich der entsprechenden Phase der prozessorientierten Analyse durchgeführt werden: hier sollen zunächst Daten über den Prozess gesammelt und anschließend als Prozessmodell dargestellt werden. Als Methoden der Datenerhebung können die im Kapitel 3.1.5 beschriebenen Methoden eingesetzt werden. Zudem können Inventurmaßnahmen durchgeführt werden, um die evtl. vorhandenen Prozessmodelle identifizieren zu können. Das zur Prozessanalyse geeignete Prozessmodell soll als ein BPMN-Diagramm (erstellt unter Berücksichtigung der Modellierungsrichtlinien aus dem Kapitel 2.5.6) vorliegen. Dieses

wird nun inklusive der Beschreibung der Eigenschaften von Prozessaktivitäten (ihren Namen und Zugehörigkeit zu einem Prozessakteur) sowie ihren Beziehungen in das Datenformat zur anschließenden Netzwerkanalyse und –Visualisierung überführt. In der Phase der *Visualisierung und Analyse* werden die Prozessnetzwerke mithilfe einer entsprechenden Software zur ereignisorientierten Netzwerkanalyse dargestellt und die entsprechenden *Netzwerkmetriken* berechnet. Diese können nun in die im Abschnitt 7 identifizierten Diskriminanzfunktionen zur Bestimmung des *Prozesstyps* eingesetzt werden.

Die netzwerkspezifischen Kennzahlen, die der Sozialen Netzwerkanalyse entnommen und für den Prozesskontext erweitert wurden, geben die Struktur und die Eigenschaften des Prozesses wider. Demnach können diese Kennzahlen in rein strukturell und verhaltensstrukturell eingeteilt werden. Die rein strukturellen Kennzahlen beschreiben das Netzwerk in seinen allgemeinen Eigenschaften wie Größe, Durchmesser und Dichte; die verhaltensstrukturellen Kennzahlen sind den Kennzahlen der Sozialen Netzwerkanalyse, insbesondere jedoch der netzwerkorientierten Analyse aus dem Bereich des Wissensmanagements entliehen und machen eine Aussage über das informationsbezogene Verhalten von Aktivitäten im Prozess. Die detaillierten Daten zu den einzelnen Knoten, ebenfalls im Rahmen der Netzwerkanalyse mithilfe von der Netzwerkanalysesoftware ermittelt, können dazu eingesetzt werden, die *Aktivitätenrollen* in den Prozessen bezüglich ihres informations- und kommunikationsbezogenen Verhaltens zu identifizieren.

Zur Ermittlung dieser Metriken und Diskriminanzfunktionen wurde gezielt die Commetrix - Software eingesetzt, da sie die Ereignisorientierung in der Netzwerkanalyse explizit berücksichtigt und aus diesem Grund die hier vorgestellte Prozessanalyse unterstützt. Vorschläge zur Ermittlung von *Maßnahmen*, die zur Lösung des in der Projektbegründung identifizierten Problems ermittelt wurden, werden in der abschließenden Phase der Analyse aufgelistet. Einige dieser Aspekte werden im Abschnitt 8.5 bereits beleuchtet.

An der Durchführung der netzwerkbasierten Prozessanalyse können mehrere *Rollen* beteiligt sein. Während in der Phase der Projektbegründung zum einen die Kenntnis des Prozesses zum anderen jedoch auch die der verwaltungstechnischen Prozesse benötigt wird, kann sie entweder von dem Prozessmanager, -Verantwortlichen oder –Analysten durchgeführt werden. Die Ist-Analyse erfordert keine weiteren Prozesskenntnisse, da hier das Material zur Prozessdokumentation beschaffen bzw. die Evaluation und Erstellung von Prozessdiagrammen durchgeführt werden muss. Die anschließende Konvertierung der Daten erfordert jedoch Kenntnisse des entsprechenden Datenformats. Somit kann die Ist-Analyse weitestgehend vom Prozessmanager, -Verantwortlichen *(process manager* oder *owner*) oder –Teilnehmer (*process participant*), jedoch auch von dem Prozessingenieur (*process engineer*) durchgeführt werden. Die Phase der Analyse erfordert zunächst ebenfalls keine tiefgehenden Fachkenntnisse, da die Prozess- und die Aktivitätentypisierung nach festgelegten Funktionen mit definierten Ausgängen durchgeführt werden kann. Die Interpretation dieser Ergebnisse und ihre Einbeziehung zur Entscheidungsfindung müssen jedoch durch den Analysten oder Manager erfolgen. Somit konzentriert sich die eigentliche Wissensarbeit der Prozessanalyse, die ein tieferes Prozessverständnis verlangt und somit auch subjektiviert ist, zum einen auf die anfängliche Problemdefinition und zum anderen auf die Interpretation der ermittelten Ergebnisse bezüglich der angebrachten Maßnahmen.

Als mögliche Problembereiche, die durch den netzwerkbasierten ereignisorientierten Prozessanalyseansatz bearbeitet werden können, werden hier folgende Fragestellungen beispielhaft aufgeführt:

- Identifikation von entscheidungs- und informationsintensiven Prozessen zur:
  - Verringerung der Intensität
  - Anpassung der Prozessstruktur an die Informationsflüsse
  - Effizienten Gestaltung des Informationstransports und -Verbrauchs
- Identifikation von Informationsbedarf bzw. –Angebot im Prozess zur:
  - Anpassung der Informationsquantität und –Qualität an den ermittelten Bedarf
  - Validierung des (im Prozessmodell) geplanten und des benötigten Informationsumsatzes
- Prozesstypisierung für die Entwicklung von angepassten Verwaltungsmaßnahmen für:
  - Gezielte Anpassung und Umsetzung von Maßnahmen der Prozessverwaltung
  - Verifizierung des Prozesszwecks und seiner Gestaltung
- Einschätzung der Reaktion auf die Änderungen im Prozessablauf
- Identifikation von Fixpunkten im Prozess zur:
  - Identifikation der Prozesselemente, deren Änderung oder Entfernung einen signifikanten Einfluss auf das Prozessziel ausüben kann
  - Identifikation der Prozesssenke für eine effiziente Prozessgestaltung.

Zur Effizienz der Prozesse gehört ebenfalls der Umgang mit der Ressource Information. Die Identifikation von Prozessen, die besonders auf diese Ressource angewiesen sind, erlaubt ihre entsprechende Planung bzw. ermöglicht ihre Optimierung nach einer entsprechenden Strukturveränderung. Die Automatisierung von Prozessen verspricht häufig einen schnelleren Prozessablauf unter einem geringeren Ressourceneinsatz. Häufig stellt sich jedoch die Frage, ob ein Prozess vollständig automatisiert werden kann bzw. ob ein klassisches Workflowsystem dafür ausreichend ist. Eine Typisierung der Prozesse, die auf ihrem Verhalten basiert, kann Erkenntnisse liefern, die als Grundlage für die weitere Entscheidungsfindung dienen können. Die Identifikation vom Informationsbedarf im Prozess kann des Weiteren ebenfalls bei der Einrichtung eines Monitoringsystems zur Erfassung der Prozessleistung eingesetzt werden. So kann der Informationsbedarf kontrolliert und gegebenenfalls angepasst werden.

Bei der Erstellung des Prozessmodells verfolgt der Modellierer häufig eine bestimmte Sicht bzw. erstellt das Modell mit einem bestimmten Fokus. Ob diese Sicht tatsächlich

in dem Modell zum Tragen kommt, kann durch die Anwendung der netzwerkbasierten Analyse überprüft werden. Besonders bei der Erstellung von Referenzmodellen können diese Erkenntnisse von Nutzen sein. So kann z.B. ermittelt werden, ob das Prozessmodell die Eigenschaften aufweist, die der Modellierer aus dem Prozess dokumentieren wollte.

Die Bestimmung der Prozesssenke kann dazu beitragen, die Prozessabläufe und den Ressourcenverbrauch effizient auf die Erreichung des Prozessziels auszurichten. Die Kernaktivitäten eines Prozesses bilden einen festen Bestandteil des Prozessablaufs. Ihre Änderung oder Entfernung kann entsprechend das Prozessziel gefährden. Die als nicht-Kernaktivitäten identifizierten Prozessschritte können dagegen als Anknüpfungspunkte für die Erweiterung oder Veränderung des Prozesses betrachtet werden. Im Weiteren werden die Eigenschaften von den hier identifizierten Prozess- und Aktivitätentypen betrachtet.

8.3. Definition von Prozessaktivitäten

Durch die netzwerkbasierte Prozessanalyse können folgende Aktivitätenrollen im Prozess identifiziert werden:

- Kommunikationsaktivitäten
- Informationssenken
- Informationsquellen
- Kernaktivitäten
- Kontrollaktivitäten
- Prozesssenke(n)

Die dazugehörigen Knotenmetriken und ihre Grenzwerte werden in der Tabelle 8.2 dargestellt.

Aktivitätentyp	Netzwerkmetrik	Grenzwert
Kommunikationsaktivität	Degree Centrality	Aktivitäten aus dem 3. Quartil der *degree centrality* Werte
Informationssenke	Anzahl der empfangenen *linkevents*	Aktivitäten, deren Anzahl der empfangenen *linkevents* über dem Prozessdurchschnitt liegt
Prozesssenke	Empfangene *linkevents*	max. Anzahl der empfangenen *linkevents*
Informationsquelle	Anzahl der gesendeten *linkevents*	Aktivitäten, deren Anzahl der gesendeten *linkevents* über dem Prozessdurchschnitt liegt
Kernaktivität	Brokering Activity	Aktivitäten aus dem 3. Quartil der *brokering activity* Werte
Kontrollaktivität	Betweenness Centrality	Aktivitäten aus dem 3. Quartil der *betweenness centrality* Werte

Tabelle 8.2.: Übersicht der Aktivitätenmetriken und Grenzwerte

Die Kommunikationsaktivitäten verfügen über die meisten direkten Verbindungen zu anderen Aktivitäten im Prozessnetzwerk. Die Informationsquellen sind diejenigen Aktivitäten, die die anderen Prozessschritte mit Informationen, die zu ihrer Ausführung benötigt werden, versorgen. Übersteigt die Anzahl der Informationsquellen im Prozess wesentlich die Anzahl der Informationssenken, kann diese Tatsache ein Hinweis auf einen entscheidungsintensiven Prozess darstellen. Die Informationssenken stellen entsprechend die Prozessaktivitäten dar, die gegebenenfalls die Informationen der anderen Aktivitäten benötigen, um ausgeführt zu werden bzw. eine operationelle Entscheidung zu treffen. Häufig sind die Kontrollaktivitäten, also Prozessschritte, die den Kontrollfluss des Prozesses gestalten, gleichzeitig ebenfalls Informationssenken. Die Aktivität(en) mit der höchsten Zahl der empfangenen Nachrichten, werden hier als die Prozesssenke definiert. Die Prozesssenke ist die Senke der Kontroll- und Informationsflüsse im Prozess und bezeichnet somit das aus dem Prozessmodell hervorgehende Prozessziel.

Die Kernaktivitäten stellen die Aktivitäten des Prozesses dar, die für seine Ausführung bzw. für das Erreichen des Prozessziels unbedingt notwendig sind. Ihre Veränderung bzw. Entfernung hätte entsprechend starke Auswirkungen auf das Prozessergebnis. Zudem können die Kernaktivitäten in die leistungsbezogene Prozessmessung (das Monitoring) eingebaut werden. So können sie gezielt beobachtet werden, um mögliche Abweichungen in ihrem Zustand aufzunehmen und darauf reagieren zu können.

8.4. Prozesstypen und ihre Eigenschaften

Im Rahmen der netzwerkbasierten Geschäftsprozessanalyse können folgende Prozesstypen identifiziert werden:

- Automatisierbar
- Informationsintensiv
- Ereignisintensiv
- Kommunikationsintensiv
- Flexibel
- Verteilt
- Entscheidungsintensiv und
- Kernprozesse

Die Tabelle 8.3 fasst diese Prozesstypen mit ihren Metriken bzw. Diskriminanzfunktionen und den entsprechenden Grenzwerten zusammen:

Prozesstyp	Metrik	Grenzwert
Automatisierbar	$D_a = 0,514 - 5,923LS + 0,146conn + 0,04reach - 0,08P + 0,006CluCo$	DW > 0
Kernprozess	$D_c = 8,894 - 6,447LS + 0,144conn - 0,034reach - 0,08PL - 0,016CluCo$	DW< 0
Informations intensiv	$D_i = -10,421 + 4,473LS - 0,106conn + 0,06reach + 0,204PL + 0,03CluCo$	DW > 0
Entscheidungs intensiv	$D_e = -20,554 + 16,805LS - 0,081conn + 0,045reach - 0,104PL + 0,062CluCo$	DW > 0
Abstimmungs intensiv	$D_{ab} = -12,694 + 9,278LS - 0,108conn + 0,034reach + 0,235PL + 0,004CluCo$	DW > 0
Verteilt	$D_v = -21,016 + 18,839LS + 0,022conn + 0,028reach - 0,338PL + 0,050CluCo$	DW < 0
Flexibel	Entropie der Werte der *betweenness*, *degree* bzw. *closeness centrality*	DW < 0
Kommunikations intensiv	$kommDichte = \frac{LE}{n}$	kommDichte $>$0,92
Ereignisintensiv	$E_d = \frac{L}{n}$	$E_d > 1,2$

Tabelle 8.3.: Übersicht der Prozesstypen: Metriken und Grenzwerte

Der größte Teil der Grenzwerte der hier vorgestellten Prozesstypen leitet sich aus den Werten der entsprechenden Diskriminanzfunktion ab, die als DW abgekürzt werden. Für die Bestimmung von kommunikations- und ereignisintensiven Prozessen wurden im Kapitel 6.4 die Metriken: *kommDichte* zur Bestimmung der Kommunikationsdichte als das Verhältnis der Anzahl der *linkevents* (LE) zur Gesamtanzahl von Knoten (n) im Prozess sowie die Ereignisdichte E_d als das Verhältnis der Anzahl der *links* (L) zu der Gesamtanzahl der Knoten im Prozess definiert. Diese Metrik kann zudem ebenfalls als ein Maß für

die Komplexität des Netzwerkes interpretiert werden (siehe Abschnitt 6.4.1.3). Ereignisreiche Prozesse zeichnen sich durch eine hohe Anzahl an Knoten, *links* und *linkevents* aus. Diese Eigenschaften unterstützen die Erkenntnisse aus der Fallstudie, die bei der Deutschen Telekom AG durchgeführt wurde (siehe Abschnitt 9.3), dass diejenigen Prozesse für eine ereignisorientierte Umsetzung geeignet sind, die u.A. komplex sind, d.h. über eine hohe Anzahl an Elementen, Zuständen und Verbindungen verfügen.

Zur Bestimmung der Flexibilität eines Prozesses (im Sinne der operationalen Flexibilität von Sethi and Sethi (1990)) wird die Entropie der Zentralitäten eines Prozesses berechnet. Dabei liefern die *betweenness* und *closeness centrality* eine bessere Trennbarkeit von Prozessen als die *degree centrality*. Somit sollten zur Bestimmung der Flexibilität die *betweenness* und *closeness* Zentralitätenentropie einbezogen werden.

Automatisierbare Prozesse weisen eine gute Vernetzung der Elemente auf. Sie sind gegenüber Änderungen im Netzwerk robust und stabil in ihren Abläufen. Sie weisen zudem eine geringe Kommunikationsaktivität auf.

Als Kernprozesse wurden Prozesse identifiziert, die in einer direkten Interaktion mit dem Kunden ausgeführt werden. Sie sind potenziell anfällig bezüglich der Veränderung ihrer Struktur und somit weniger stabil als die nicht-Kernprozesse. Zudem muss bei der Änderung der Kernprozesse berücksichtigt werden, dass diese potenziell zu Veränderungen der unterstützenden Prozesse, insbesondere bezogen auf ihre In- und Outputs, führen kann.

Informationsintensive Prozesse erweisen sich als wenig stabil aber kommunikationsintensiv. Sie verfügen über eine größere Anzahl an Verbindungen zwischen ihren Elementen und weisen damit ausgeprägte Informationsquellen und –Senken auf. Für die entscheidungsintensiven Prozesse spielt die Menge an Kommunikation dagegen keine Rolle. Sie sind jedoch ebenfalls durch eine geringe Stabilität gekennzeichnet und weisen eine erhöhte Anzahl an Informationssenken in ihrem Ablauf auf. Hingegen zeichnen sich die abstimmungsintensive Prozesse durch eine große Anzahl an Verbindungen im Netzwerk jedoch auch durch eine Kommunikationsintensität aus. Diese Eigenschaften werden jedoch auch von einer labilen Netzwerkstruktur begleitet. Das bedeutet, dass die Entfernung der Knoten bzw. Strukturänderungen in dem entsprechenden Netzwerk zu Veränderungen in der Kommunikationsstruktur und gegebenenfalls des Prozessergebnisses führen können. Hier ist es insbesondere wichtig die Kernaktivitäten des Prozesses zu kennen. Auch die abstimmungsintensiven Prozesse weisen eine höhere Anzahl an Informationssenken unter ihren Aktivitäten auf.

Verteilte Prozesse verfügen über relativ lange Pfade zwischen den einzelnen Prozesselementen. Das bedeutet, dass die Information in diesen Prozessen weniger effizient und akkurat transportiert wird. Dafür sind die einzelnen Prozessaktivitäten häufig sehr autonom und können unabhängig von anderen Knoten und deren Ergebnissen ausgeführt werden. Dennoch ist auch hier eine labile Prozessstruktur zu beobachten.

8.5. Maßnahmen für das Management von Geschäftsprozessen aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse

Das Paradigma des Geschäftsprozessmanagements sowie die Anforderungen an das Geschäftsprozessmanagement wurden bereits im Abschnitt 2.2.2 bzw. 2.3.3 erläutert. Dabei wurde deutlich, dass die Wahl der Geschäftsprozessmanagementstrategie und der damit verbundenen Werkzeuge maßgeblich von dem Prozesstyp und seinen Eigenschaften abhängt. Es ist daher wichtig, diese möglichst eindeutig identifizieren zu können. Der netzwerkorientierte Ansatz bietet eine Möglichkeit Prozesstypen, unter Berücksichtigung der jeweiligen Eigenschaften im Bezug auf ihr Verhalten, quantitativ zu beschreiben und zu bestimmen. Hier werden nun die identifizierten Eigenschaften zusammengefasst und als Anknüpfungspunkte zur Prozessverwaltung diskutiert.

Die *Kernprozesse* weisen basierend auf der Netzwerkanalyse folgende Eigenschaften auf: sie sind nicht stabil und somit labil gegenüber Veränderungen in ihrem Ablauf. Das bedeutet, dass die Unternehmen ihre Kernprozesse zunächst identifizieren müssen, um ihre Beschreibung und Definition überprüfen zu können. Diese sollten möglichst grobgranular, d.h. stabil gestaltet sein, und selten geändert werden. Müssen die Prozesse doch verändert werden, müssen die Auswirkungen der Änderungen auf ihren Ablauf sowie auf die unterstützenden Prozesse berücksichtigt werden. Durch die hohe Verbundenheit der Elemente in Kernprozessen wird die Effizienz des Informationstransports und der -Genauigkeit unterstützt (siehe Abschnitt 4.4.1). Die Änderung der Prozessstruktur (z.B. durch Einführung von Prozessvarianten oder Erhöhung der Anzahl der Prozessakteure) kann sich somit zum Nachteil für die Informationsverteilung im Prozess auswirken. Gerade bei Kernprozessen spielt also die Informationsverwaltung eine wichtige Rolle. Sowohl die Kundenanforderungen als auch die Informationen des Unternehmens sollen unter der Beachtung des Aspektes der Informationseffizienz betrachtet werden.

Werden Prozesse als *informationsintensiv* identifiziert, muss ihr Informationsbedarf zunächst bestimmt werden, um eine weitere Strukturierung bzw. Analyse der vorhandenen Strukturierung anhand der Aktivitätenrollen zu erlauben. Es ist zu beachten, dass je größer der Wert der Verbundenheit der Prozesse ist, also je verbundener sie sind, desto weniger informationsintensiv sind sie. Das bedeutet, dass je weiter auseinander sich die Prozesselemente befinden, also je unverbundener sie sind, desto informationsintensiver ist der Prozess (siehe Gleichung 7.3.3). Das heißt, desto mehr Informationen werden benötigt, um Prozessaktivitäten durchführen zu können. Die Information soll hier als eine wichtige Ressource behandelt werden. Um entsprechend ein Informationsüberschuss zu vermeiden, muss die Effizienz der Informationsstrukturen gewährleistet werden; d.h. um die Informationsintensität hemmen zu können, muss der Prozess so gestaltet werden, dass kurze Wege und somit eine hohe Verbundenheit der Prozesselemente gewährleistet werden können. Dieses Vorgehen trägt auch zu einer robusten Prozessstruktur bei. Dies kann z.B. durch den Einsatz von betrieblichen Anwendungssystemen, die auf Informationsübermittlung, -Aktualisierung und –Verarbeitung ausgelegt sind, gewährleistet werden. Solche Systeme können z.B. Business Intelligence oder Content Management Anwendun-

gen sein. Die Untersuchungen zur Informationsstruktur und Entscheidungsfindung von Lurie (2004) haben gezeigt, dass die Berücksichtigung von strukturellen Maßen der Information dazu führen kann, die Informationsüberlastung vorhersagen und entsprechend kontrollieren zu können (siehe auch Abschnitt 3.6.4). Die Erhöhung der Informationsmenge kann demnach zu einer sinkenden Entscheidungsqualität führen. Die Identifikation von informationsintensiven Prozessen und die Bewertung der entsprechenden Rollen der Prozessaktivitäten kann dem allerdings vorbeugen bzw. dazu führen, diesen Effekt zu minimieren. Auch ist ein erhöhter Informationsaustausch sowie die Komplexität nach Hammer and Champy (1993a, S. 171ff) ein Hinweis auf dysfunktionale Prozesse, d.h. Prozesse, die Probleme in ihrer Durchführung und somit Verbesserungspotenziale aufweisen.

Entscheidungsintensive Prozesse haben eine geringe Verbundenheit und verfügen über eine ausgeprägte Kommunikation. Das bedeutet jedoch auch, dass die Steigerung der Verbundenheit bzw. der Pfadlänge zwischen den Elementen die Entscheidungsintensität hemmt, die Steigerung der Kommunikationsintensität sie jedoch fördert (siehe Gleichung 7.3.4). Die Identifikation von entscheidungsintensiven Prozessen erlaubt zudem Aussagen über die Konzentration des prozedualen Wissens im Prozess bzw. in der Prozessarchitektur. Die Diskriminanzfunktion zur Beschreibung von entscheidungsintensiven Prozessen in Gleichung 7.3.4 zeigt, dass die Verbundenheit und die *avg. path length* einen negativen und die *link strength* einen positiven Einfluss auf die Trennbarkeit der Prozessgruppen haben. Als entscheidungsintensiv werden zudem diejenigen Prozesse bezeichnet, deren Werte der Diskriminanzfunktion größer 0 sind. Um die Entscheidungsintensität eines Prozesses zu senken, kann die Verbundenheit des Prozesses und somit auch die *path length* vermindert werden. Die *avg. link strength*, also die Kommunikation über die vorhandenen Verbindungen muss allerdings reduziert werden. Prozesse mit kurzen Informationswegen und eng verbundenen Elementen, die selten über die vorhandenen Verbindungen kommunizieren, sind voraussichtlich nicht entscheidungsintensiv. Eine solche Prozessorganisation weist allerdings Züge einer strengen Hierarchie auf, da kurze Wege z.B. durch die Einrichtung von Hierarchieebeneben oder Reporting-Strukturen (Informationssenken) erreicht werden können. Somit kann aus diesen Erkenntnissen geschlossen werden, dass eine hierarchische Organisation die Entscheidungsintensität in den Prozessen senkt.

Insgesamt wird aus diesen Überlegungen sichtbar, dass die Verhaltens*intensität* im Prozess durch eine hohe Verbundenheit der Prozesselemente gehemmt werden kann. Diese Annahme basiert zum einen auf der Tatsache, dass die Metrik der *avg. connectivity* bei nicht informations-, entscheidungs- und abstimmungsintensiven Prozessen signifikant höher als bei entsprechenden intensiven Prozessen ist. Zum anderen beeinflusst diese Metrik negativ die entsprechende Diskriminanzfunktion, so dass ihre Erhöhung zur Verminderung der Werte der Diskriminanzfunktion und somit der entsprechenden Intensität führt. Eine engere Verbindung der Prozesselemente kann z.B. durch den Einsatz von Anwendungssystemen, die die Zusammenarbeit in verteilten Teams oder eine asynchrone Zusammenarbeit unterstützen, erleichtert werden. Die Intensität eines Prozesses, da sie aus dem aktuellen Fokus auf das Prozessverhalten definiert wird, kann zu Erhöhung seiner Komplexität führen. Auch die Komplexität des Prozesses und die erhöhte Anzahl der Sonderfälle im Ablauf ist nach Hammer and Champy (1993a, S. 171ff) ein Hinweis

auf prozeduale Dysfunktionalität. Die Identifikation der Verhaltensintensität kann somit zur Steuerung der Prozesskomplexität und der Identifikation von optimierungsfähigen Prozessen beitragen (siehe auch Trier et al. (2007, S. 66)).

Die *Automatisierbarkeit* von Prozessen wird im Kontext der netzwerkbasierten Analyse bezogen auf den gesamten Prozessablauf und nicht auf die Teilaufgaben bzw. Subprozesse (siehe Abschnitt 2.2.2) bestimmt. So wird lediglich der dominante Aufgabentyp im Prozess erfasst. Die hier als automatisiert identifizierten Prozesse verfügen über eine gut vernetzte Struktur mit kurzen Wegen zwischen den Elementen. Sie sind jedoch wenig kommunikationsintensiv. Somit können hierdurch Routineprozesse bzw. Prozesse mit dominierenden Routinefällen als automatisierbar erkannt werden. Die Regelprozesse, die sich zur Automatisierung mithilfe von z.B. BRMS oder Entscheidungsunterstützungssystemen eignen, können jedoch als kommunikations- und entscheidungsintensive Prozesse identifiziert werden.

Abstimmungsintensive Prozesse weisen ebenfalls eine geringe Verbundenheit der Prozesselemente sowie kleinere Werte der *betweenness* Zentralität als nicht abstimmungsintensive Prozesse auf. Das kann als ein Hinweis darauf interpretiert werden, dass bei diesen Prozessen keine zentralen Elemente vorhanden sind, die den Informationsfluss steuern und die Entscheidungen treffen können. Auch verfügen die Prozesselemente jeweils über wenige direkte Kontakte. Um die Abstimmungsintensität also hemmen zu können, kann die Einrichtung von zentralen Knoten, die den Informationsfluss steuern können, in Betracht gezogen werden.

Verteilte Prozesse zeichnen sich durch lange Wege zwischen den Prozesselementen aus. Das wird dadurch deutlich, dass die a*vg. path length* bei verteilten Prozessen signifikant höher als bei nicht verteilten Prozessen ist. Die erhöhte *path length* fördert zudem auch die Informationsintensität im Prozess. So müssen auch hier der Informationsbedarf bestimmt und die Kommunikationsstrukturen erfasst werden, um eine effiziente Informationsverteilung zu gewährleisten. Es ist zudem zu beachten, dass verteilte Geschäftsprozesse eine größere Komplexität im Vergleich zu Prozessen, die in einer homogenen Umgebung ablaufen, haben. Daher muss hier besonderer Wert auf die Verwaltung und Umgang mit den Abläufen gelegt werden. Komplexe Systeme werden schneller noch komplexer als einfache Systeme, da das Komplexitätswachstum exponentiell ist. Für das Management solcher Prozesse heißt es, dass sie mit einfachen Ursache-Wirkungs-Beziehungen nicht mehr zu steuern sind (Masak (2009)). Mögliche Steuerung kann jedoch über allgemein gültige *policies* bzw. Regeln für die beteiligten Prozesselemente erreicht werden (Masak (2009, S. 303)). Aus der Sicht des Prozessmanagements können sich folgende Herausforderungen bei der Verwaltung und Implementierung von geografisch verteilten Prozessen ergeben:

- Senken und Quellen für Prozessinformationen und –Ereignisse müssen bekannt sein
- Informationsinteressen, also der Informationsbedarf, müssen bekannt sein
- Zeitliche und organisatorischen Bedingungen für die Informationsübermittlung müssen bekannt sein

- Relevante Prozessteile müssen gekennzeichnet und ihre Offenlegung entsprechend bekannt sein.

Die Identifikation von Quellen und Senken des Informationsflusses geschieht im Rahmen der ereignis- bzw. geschäftsregelorientierten Analysephase, die in den Abschnitten 3.4.2 bzw. 3.1.4 beschrieben wird, bzw. durch die netzwerkorientierte Analyse der Aktivitätenrollen im Netzwerk (siehe Abschnitt 7.6). Wurden die entsprechenden Informationsflusselemente identifiziert und die Informationsstrukturen entsprechend angepasst, kann der Prozess nach Bedarf weiter gestaltet bzw. optimiert oder automatisiert werden.

8.6. Zusammenfassung und Diskussion des Ansatzes

Die netzwerkbasierte ereignisorientierte Analyse von Geschäftsprozessen betrachtet den Prozess als ein "soziales" System. Also als ein System, dessen Elemente miteinander kommunizieren und Informationen austauschen, um ein gemeinsames Ziel, das Prozessergebnis, zu erreichen. Diese Kommunikation erfolgt dabei nicht zufällig, sondern basiert auf den explizit erfassten bzw. von den Akteuren implizit berücksichtigten (Geschäfts)Regeln und Zustandsänderungen (Ereignissen). Die Analyse wird IT-unterstützt durchgeführt. Dies ist für die Ermittlung der quantitativen Analyseergebnisse und ihrer Wiederholbarkeit notwendig. Zudem werden in der Graphendarstellung, die durch die Datenauswertung ermöglicht wird, die Informations- und Kommunikationsstrukturen im Prozess sichtbar. Die resultierenden Aussagen beziehen sich auf statische Zusammenhänge und können entsprechend durch die Messungen quantitativ unterstützt sowie mit statistischen Methoden ergänzt werden. Der Ansatz geht von einem validierten und verifizierten Geschäftsprozessmodell aus, betrachtet sein Verhalten und klassifiziert anhand des Verhaltens den Typ des Prozesses bzw. die Rollen der Prozessaktivitäten im Bezug auf die Informationsverteilung. Das Ziel dabei ist es, Potenziale in Bezug auf die Verwaltung von dem gegebenen Prozess aufzudecken und typgerecht umzusetzen.

Der netzwerkbasierte Ansatz der Prozessanalyse ist ein Schritt in Richtung einer eindeutigeren, robusten, quantitativen Bestimmung von Prozesseigenschaften für ihre anschließende Typisierung, die eine fokussierte Anwendung von Managementansätzen erlauben soll. Neben Bessai et al. (2008), siehe Tabelle 2.4, gibt es aktuell lediglich wenige Ansätze, die eine Quantifizierung von Prozesseigenschaften zu Analysezwecken anstreben. Dennoch basiert der Ansatz von Bessai et al. (2008) sowie der Process Mining Ansatz von van der Aalst and Weijters (2004) auf den Ausführungslogs von Prozessen bzw. auf den Methoden der Primär- und Sekundärerhebung in der Istaufnahme (siehe Abschnitt 3.1.5 bzw. 2.4). Auch bieten Bessai et al. (2008) keine Grenz- oder Richtwerte bezüglich der Attributenausprägungen eines Prozesstyps an.

Die netzwerkbasierte Geschäftsprozessanalyse kann also der quantitativen Prozessanalyse zugeordnet werden. Sie dient jedoch nicht primär der Verifikation des Prozessmodells oder der Leistungsmessung des Prozesses (siehe Abschnitt 2.4), sondern soll Ansatzpunkte für eine wiederholbare und objektive Identifikation und Validierung des Prozessverhaltens zu Verfügung stellen. Sie kann auf drei Ebenen unter Einsatz entsprechender Methoden durchgeführt werden (Jamali and Abolhassani (2006)):

- Beschreibende Methoden (grafische Darstellung)
- Analysemethoden basierend auf der Netzwerkdekomposition und Nachbarschaftsmatrix
- Statistische Modelle

Die konkrete Anwendung der ereignisorientierten Prozessanalyse, sowohl des Prozessmodell-basierten als auch des netzwerkanalytischen Ansatzes, wird im Kapitel 9 anhand der durchgeführten Fallstudien ausgeführt. Diese kann jedoch auch zur Evaluation und Validierung von Referenzmodellen verwendet werden. So können die erstellten Prozessmodelle bezüglich der vorgesehenen und der tatsächlichen Prozessintention überprüft werden.

Die Anwendung der netzwerkbasierten ereignisorientierten Prozessanalyse erfordert zunächst keine tiefgehenden Kenntnisse des Prozesses, erlaubt jedoch bereits Rückschlüsse über seine Struktur und Umsetzung. Durch die Fokussierung auf das Prozessverhalten wird die Ermittlung des Informationsbedarfs ermöglicht. Durch die Ermittlung des modellierten Informationsbedarfs kann dieser mit dem tatsächlichen bzw. erwarteten Informationsbedarf verglichen und die entsprechenden Maßnahmen können abgeleitet werden. Die Identifikation der Informations- oder Entscheidungsintensität kann ein Hinweis darauf sein, die Prozessoptimierungsmaßnahmen auf die Gestaltung der Informationseffizienz im Prozess zu lenken. Die Identifikation von Informationsanbietern und -Senken kann Hinweise zur Antizipation oder Umstrukturierung des Prozesses liefern. Die Identifikation von Prozesssenken erleichtert die Bestimmung der Ressourcenverteilung sowie die Prozessbewertung. Somit unterstützt dieser Ansatz die Bedarfsermittlung durch formalisierte, quantifizierte Identifikation von Anknüpfungspunkten zur aktuellen Situation, Nachfrage und Angebot der Information im Prozess. So können die hiermit ermittelten Informationen für die Durchführung und Planung des Prozesses, Strategieermittlung, Ressourcenverteilung, Entscheidungsfindung und Berichterstattung eingesetzt werden (siehe dazu auch Abschnitt 3.6.5).

Die Automatisierbarkeit von Prozessen wird anhand des Gesamtablaufs bestimmt, so dass es hier zu ungenauen Ergebnissen kommen kann, da der Prozess in seinen Teilen bzw. durch den Einsatz von weiteren Anwendungssystemen neben den Workflowmanagementsystemen automatisiert durchgeführt werden kann. Diese Ergebnisse sind also im Kontext der weiteren Typisierungsergebnisse wie z.B. der Entscheidungs- oder Abstimmungsintensität zu betrachten. Hierbei kann ebenfalls eine weitere inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Prozessablauf hilfreich sein.

In Bezug auf die Veränderbarkeit bzw. Flexibilität von Prozessen definiert Bider (2005) sie als die Fähigkeit eines Systems nur die Elemente zu verändern, die verändert werden müssen, die anderen jedoch stabil zu halten (siehe auch Abschnitt 6). Die Analyse der Kernaktivitäten zeigt dabei diejenigen Aktivitäten auf, die potenziell keiner Veränderung bedürfen und bei bleibendem Prozessziel erhalten werden (müssen) bzw. deren Veränderung eine Veränderung von mehreren weiteren (externen) Prozessaktivitäten verursachen kann. Durch ihre Identifikation können die Veränderungen in den Prozessablauf besser integriert werden.

Die Durchführung der netzwerkbasierten Geschäftsprozessanalyse bietet neben den Vorteilen der quantifizierten, zuverlässigen und wiederholbaren Identifikation von Prozesseigenschaften sowie Eigenschaften von Prozessaktivitäten, auch den Vorteil, dass dieses Vorgehen kein Expertenwissen aus dem Durchführungsbereich des Prozesses erfordert. Somit können diese Ressourcen in der anschließenden Phase der Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die Maßnahmenidentifikation konzentriert werden. Ein wesentlicher Nachteil dieses Vorgehens ist jedoch die Tatsache, dass die Prozessmodelle in ein Datenformat überführt werden müssen, der die Anwendung einer Netzwerkanalysesoftware erlaubt. Dieses ist zwar zeitintensiv, kann jedoch unter Anwendung von bestimmten Werkzeugen verkürzt bzw. automatisiert werden. So können die in BPMN erstellten Prozessmodelle mit einem Modellierungswerkzeug erstellt werden, das das Modell in ein maschinenlesbares Format überführt und die automatisierte Transformation erlaubt. Das wird z.B. von dem BPMN-Modellierungswerkzeug Signavio, das zur Erstellung von Prozessmodellen in dieser Arbeit angewandt wurde, gewährleistet. Hier liegen die Modelle auch im XML-Format vor und können so automatisiert in ein entsprechendes Format umgewandelt werden. Die so entstandenen Prozessnetzwerke unterscheiden sich inhaltlich insofern von den Originalprozessen, als sie die Beziehungen zwischen den Aktivitäten, basierend auf ihrem Informationsverhalten, darstellen und nicht ihren zeitlichen und logischen Ablauf. So kann aus dem Prozessnetzwerk zwar eine Verzweigung (Gateway) im Prozessfluss erkannt werden, jedoch nicht die Art dieser Verzweigung, also die Eigenschaft, ob die folgenden Prozessschritte parallel oder exklusiv ausgeführt werden sollen.

Auch basiert das hier angewandte Verfahren der Prozessanalyse, analog zu den klassischen Ansätzen, auf Prozessmodellen. Diese weisen jedoch Merkmale auf (siehe Abschnitt 2.5), die die Objektivität und Validität der Daten beeinträchtigen können. Der Aspekt der Validität kann hier jedoch durch das Einhalten der im Abschnitt 2.5.6 aufgeführten Modellierungsrichtlinien aufgegriffen werden. Die Subjektivität der Modellerstellung kann durch die Auswertung der zu dem Prozess zugeordneten Dokumente und die anschließende Anpassung des Modells abgeschwächt werden. Hierbei ergeben sich jedoch keine wesentlichen Unterschiede zu den klassischen Ansätzen der Prozessanalyse.

Ein anderer Aspekt der Benutzung der Prozessmodelle als Analysegrundlage ist die dadurch angenommene Sicht auf die Prozesse. So kann der Ansatz zunächst der *ostantiven* Sicht auf die Abläufe im Unternehmen zugeordnet werden. Allerdings wurden zur Ermittlung der Prozessmetriken nicht nur die vordefinierten, also geplanten Prozesse miteinbezogen, sondern auch Prozessmodelle, die zunächst aus den Interviews mit Prozessbeteiligten erstellt wurden. Hierbei wird angenommen, dass diese den tatsächlichen (aktuellen) Prozessablauf widergeben. Hierbei wird also sowohl der ostantive als auch der performante Ansatz der Prozessdarstellung und - Analyse verfolgt. Der Fokus auf Prozessmodelle kann sich jedoch auch als ein Nachteil der Methode erweisen, da wie bereits im Abschnitt 4.6 erläutert wurde, die Prozessmodelle lediglich Richtlinien für die tatsächliche Ausführung darstellen können. Dennoch bittet der Ansatz einen Mehrwert für die Prozessanalyse, da zum einen der geplante Ablauf auf Konsistenz mit operativen bzw. taktischen Zielen überprüft werden kann, zum anderen sind die tatsächlichen Abläufe in die Metrikgestaltung integriert worden, so dass der Ansatz auch auf tatsächliche

Abläufe, die z.B. in Logs aufgenommen wurden, unter entsprechenden Anpassungen der Metriken (insbesondere der Grenzwerte und der Diskriminanzkoeffizienten) angewendet werden kann.

9. Fallstudien

In diesem Kapitel werden Projekte, die in Zusammenarbeit mit Unternehmen zu der Thematik der Geschäftsregelidentifikation und Ereignisorientierung durchgeführt wurden, beschrieben. Im Rahmen dieser Projekte wurden die Vorgehen zur Identifikation von Geschäftsregeln und Ereignissen aus einem Geschäftsprozessmodell, die in den Abschnitten 3.1und 3.3.1 beschreiben wurden, angewendet. Die Ergebnisse dieses Vorgehens sowie die Projektergebnisse werden hier kurz umrissen. Basierend auf den aus dem Projekt entstandenen Prozessmodellen wurden die Prozesse zusätzlich mithilfe der Netzwerkanalyse ausgewertet. Die Fragestellung der Prozessanalyse wurde dabei der Projektvorgabe entnommen. Diese Ergebnisse werden im Folgenden ebenfalls dargestellt und mit den Ergebnissen aus der Anwendung der Vorgehensmodelle verglichen. Der Mehrwert der entstandenen Ergebnisse wird anschließend ebenfalls kurz umrissen.

Zu den Projekten ist anzumerken, dass die Fallstudien unter Berücksichtigung unterschiedlicher Schwerpunkte durchgeführt wurden. So hat die Fallstudie bei der *BKK vor Ort* und *Autovermietung* den Fokus auf der Prozesserhebung und –Analyse bezüglich seiner Automatisierung gelegt. Hierbei wurde insbesondere das Konzept der Geschäftsregeln und somit der Geschäftsregelanalyse berücksichtigt. Die Fallstudie bei der *Deutschen Telekom AG* wurde zur Ermittlung von Ereignissen und entsprechender ereignisorientierten Prozessausführung durchgeführt. Die Fallstudie bei einem Konsumgüterhersteller[1] hatte das Ziel eine ereignisbasierte verteilte Prozessarchitektur am Beispiel eines verteilten Unternehmensprozesses zu illustrieren. Die Fallstudie bei der *Siemens AG* war darauf ausgelegt, den Prozess in seiner Gesamtheit aufzunehmen[2].

9.1. BKK vor Ort

Der Hauptsitz der BKK vor Ort ist in Bochum. Die Krankenkasse betreut ca. 770 000 Versicherten und gehört somit zu den größten Betriebskrankenkassen in Deutschland[3]. Sie ist die größte Betriebskrankenkasse in Nordrhein-Westfalen (Stand März 2011). Neben dem Hauptsitz in Bochum verfügt die BKK über Niederlassungen in 70 Standorten wie z.B. in Düsseldorf. Zum Zeitpunkt der Projektdurchführung wurden gerade zwei Fusionen, mit BKK Deutsche BP AG im Januar 2010 sowie BKK Westfalen-Lippe und BKK N-ERGIE im Oktober 2010, abgeschlossen.

[1] Das Unternehmen stellte sein Prozess zur Verfügung, wollte jedoch nicht genannt werden.
[2] Aufgrund der Vereinabrung mit dem Unternehmen wird der Prozessabaluf hier lediglich umrissen.
[3] Quelle: http://www.bkkvorort.de/bkk-vor-ort/unternehmen/

9.1.1. Thematische Einführung

Das Projekt fand in dem Kontext eines studentischen Systemanalyseprojektes bei der BKK vor Ort in Zusammenarbeit mit SalA.iT, einem IT-Beratungsunternehmen im Wintersemester 2009/2010 statt. Das Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Automatisierungskonzeptes für den betrachteten Prozess im Bereich des Versorgungsmanagements.

9.1.2. Einführung in das Unternehmen und Projektbeschreibung

Der Bereich Versorgungsmanagement der BKK vor Ort ist für die Koordination und Überwachung der ärztlichen Versorgung des Patienten zuständig. Dieser Bereich befindet sich also in einem kontinuierlichen Kontakt mit Pflegeeinrichtungen, behandelnden Ärzten, Krankenhäusern, dem Medizinischen Dienst der Krankenkassen (MDK) und Patienten. Das Versorgungsmanagement leistet vorwiegend konzeptionelle Arbeit, d.h. Erstellung von Behandlungskonzepten und Wissenstransfer in die Fachbereiche sowie Fachberatung von Angehörigen. Dabei ist häufig ein Versorgungsmanager (VSM) für eine Fallgruppe bzw. Diagnose zuständig. Die Versorgungsmanager werden durch Fallmanager (FM) unterstützt. Diese bearbeiten die eingehenden Fälle und geben diese je nach Komplexität des Falles an den Versorgungsmanager weiter.

Der betrachtete Prozess kann also als potenziell *koordinations-* und *informationsintensiv* betrachtet werden. Die Prozessteilnehmer auf der Seite der Krankenkasse, also die Versorgungs- und Fallmanager müssen im Prozessablauf zahlreiche (operationellen) Entscheidungen über den Versorgungsablauf treffen, die auf unterschiedlichen Daten und Richtlinien basieren. Zudem befinden sich diese Prozessteilnehmer in unterschiedlichen Städten, so dass der Prozess geografisch verteilt bearbeitet wird.

9.1.3. Vorgehen im Projekt

Zur Beurteilung der Automatisierbarkeit des Versorgungsmanagementprozesses, musste der Prozess zunächst aufgenommen werden. Dies geschah zunächst mithilfe der Inventurmethode. Dabei wurden vorhandene Prozessdiagramme und Beschreibungen gesichtet. Diese haben sich jedoch in den meisten Fällen als nicht umfassend genug erwiesen. Anschließend wurden dreizehn Interviews mit Prozessteilnehmern und der Abteilungsleitung durchgeführt. Diese Interviews wurden als Grundlage für die Erstellung des Prozessmodells verwendet.

Das Prozessmodell wurde anschließend den Interviewpartnern vorgestellt und verifiziert. Das sich daraus ergebene Prozessdiagramm wurde als Grundlage für die Entwicklung eines (automatisierbaren) Sollprozesses angewendet. Der Sollprozess wurde ebenfalls den Teilnehmern vorgestellt und das daraus abgeleitete Konzept der Automatisierung in einem Workshop diskutiert.

9.1.4. Ergebnisse des Projekts

Der erhobene Prozess ist im Anhang[4] zu finden und diente als Grundlage für die anschließende Analyse und Entwicklung des Soll-Konzeptes. Da das Projektziel die Einschätzung der Automatisierbarkeit des Prozesses darstellte, wurde der Prozess auf folgende Kriterien (siehe auch Abschnitt 2.2.2, Tabelle 2.1) untersucht (siehe Tabelle 9.1).

Kriterium	Erfüllungsgrad
Wiederkehrbarkeit der Abläufe	Erfüllt, da Kernprozess
Häufige Durchführung	Erfüllt, da tägl. Prozess
Stabile Struktur: Seltene Änderungen im Ablauf	Tlw. erfüllt: Änderungen der gesetzlichen Regelungen möglich.
Gut strukturiert: Informationsbedarf und grundsätzlicher Ablauf stehen fest	Tlw. erfüllt: erfahrene Mitarbeiter kennen die Abläufe, diese sind jedoch nicht fest gehalten; individuell veränderbar.
Komplexität	Relativ hoch, da viele Entscheidungsvarianten vorhanden.
Detaillierungsgrad	Erforderlicher Input tlw. unklar; Transformationsschritte nicht standardisiert bzw. nicht dokumentiert.
Grad der Arbeitsteilung	Relativ gering (1-2 Bearbeiter)
Interprozessverflechtungen	Gemeinsame Datennutzung, relativ hohe Anzahl der Schnittstellen zu anderen Prozessen (da Kernprozess).

Tabelle 9.1.: Ergebnisse der Auswertung bzgl. der Automatisierbarkeit

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass innerhalb des Prozesses zahlreiche Informationen und Daten zwischen allen Prozessteilnehmern ausgetauscht werden, die eine Grundlage für operationelle Entscheidungen bilden. Zur Bestimmung der logischen Strukturen im Prozess wurde das Vorgehen zur Identifikation von Geschäftsregeln angewendet. Das Prozessziel wurde als die Gewährleistung einer optimalen Steuerung des Patienten identifiziert. Der vorliegende Prozess kann somit dem Prozesstyp des Regelprozesses zugeordnet werden.

Dieses kann anhand der Kriterien: Zeit, Kosten, Richtigkeit der Diagnose und Wirksamkeit der Behandlung operationalisiert werden. Als Prozessakteure wurden: Versicherter, BKK vor Ort, externe Dienstleister, Versorgungs- und Fallmanager, Leistungserbringer sowie die betrieblichen Anwendungssysteme identifiziert.

Um das definierte Prozessziel zu erreichen, müssen im Laufe des Prozesses zahlreiche Informationen gesammelt und ausgewertet werden. Dazu gehören Angaben zu: Diagnose des Patienten, allg. Patientendaten, Verfügbarkeit der externen Einrichtung; Schwere der Krankheit; Eignung des Fallmanagers zur Bearbeitung (abhängig von Klarheit der

[4] Digital: Fallstudien, BKK.

Diagnose). Tabelle 9.2 stellt die Informationen und ihre Quellen auszugsweise vor. Die gesamte Tabelle befindet sich im Anhang[5].

Informationsquelle	Informationsinhalt
Behandelnde Einrichtung	Diagnose
Behandelnder Arzt bzw. externe Einrichung	Krankengeschichte
Pflegeberatung	Schwere der Krankheit, Behandlungsmaßnahmen
MDK, behandelnde Einrichtung	Weitere Pflegemaßnahmen

Tabelle 9.2.: Identifizierten Informationsquellen: Versorgungsmanagement

Aus der Tabelle 9.1 wird ersichtlich, dass der betrachtete Prozess die Eigenschaften aufweist, die seine Automatisierung potenziell ermöglichen. Um diese jedoch konkret durchführen zu können, muss der hier vorliegende umfangreiche Informationsbedarf erhoben und in das Automatisierungskonzept eingearbeitet werden. Aufgrund der hohen Frequenz der Entscheidungsfindung im Prozess, wurde der Prozessablauf auf die entsprechenden Geschäftsregeln analysiert und in der Tabelle 9.3 zusammengefasst.

[5]Digital: Fallstudien, BKK.

Regelquelle Akteur: Aktivität	Regelsenke Akteur: Aktivität	Bezeichnung der Regel	Beschreibung
Fallmanager: Fall bearbeiten (interne Informationen sammeln, versicherten Kontaktieren, beh. Einrichtung kontaktieren, über VSM Einschaltung entscheiden) Geschäfts- u. Prozesslogik	Fall- bzw. Versorgungsmanager (FM bzw. VSM): Fall an VSM weiter geben	R1, Delegation	Ist der Fall für die Bearbeitung von dem Fallmanager zu kompliziert (Kriterien: Geschäfts-, Prozesslogik und Erfahrung), wird er an den VSM weitergeleitet.
Fallmanager, Leistungserbringer: Antragseingang, Fallsteuerung vorbereiten	Fallmanager Fall bearbeiten (interne Informationen sammeln, versicherten Kontaktiere, beh. Einrichtung kontaktieren, über VSM Einschaltung entscheiden)	R2, Aufgreifkriterien	Der eingegangene Fall soll eingangs je nach Komplexität geprüft und entweder von FM oder VSM bearbeitet werden.
Leistungserbringer: Antrag stellen	Versorgungsmanager, Prozessergebnis	R3.1 Anfrage VSM	Behandlungsweg mit dem VSM klären.
Leistungserbringer: Antrag stellen	Fallmanager, Prozessergebnis	R3.2 Anfrage FM	Behandlungsweg mit dem FM klären.
VSM: Möglichkeit einer Steuerung evaluieren	VSM: Steuerung einleiten oder End	R4 Steuerungsmöglichkeiten	Abhängig von Diagnose und Krankheitsschwere wird entschieden, ob eine Steuerung möglich ist.
VSM: Koordination mit ext. Dienstleister, Behandlungsvorschrift prüfen	VSM: End	R5 Behandlungsvorschrift	Nach Kriterien des Barthelindex bzw. nach Beratung mit ext. Dienstleister wird die Behandlung festgelegt.
VSM: Steuerung einleiten	VSM, FM: Fall bearbeiten bzw. abgeben	R6 Steuerungsdurchführung	Je nach Fall kann die Steuerung von VSM oder FM durchgeführt werden.
FM: Fall vorbereiten	VSM, FM: Über Einschaltung VSM entscheiden	R7 Fallübernahme	Beim Eingang des Falls wird entschieden, ob er von FM oder VSM übernommen werden soll.

Tabelle 9.3.: Geschäftsregeln des Versorgungsmanagementprozesses

Können die Geschäftsregeln ausreichend formalisiert und erhoben werden, kann eine Prozessunterstützung z.B. mithilfe eines BRMS erfolgen. Basierend auf dem erhobenen Prozess des Versorgungsmanagements, wurde somit ein Konzept zur Automatisierung der erhobenen Abläufe erstellt.

Im erarbeiteten Sollkonzept wurde neben dem Einsatz eines Workflowmanagementsystems, das auf die bereits vorhandenen Anwendungssysteme zugreifen soll, auch die Implementierung eines Business Rules Management Systems (BRMS) empfohlen. Diese Empfehlung basierte auf den Tatsachen, dass der betrachtete Prozess zahlreiche Entscheidungen auf der operativen, also den Prozessablauf direkt betreffenden Ebene, beinhalten und zusätzlich auf zahlreiche Regelungen aus dem legislativen Bereich zugreifen muss. Da die angeforderten Informationen wiederholt und im gleichen Umfang angefragt werden, kann dieser Arbeitsschritt automatisiert werden.

Ein weiterer Grund für die Auslagerung und Automatisierung von den erhobenen Geschäftsregeln ist die Tatsache, dass gerade im Bereich der Krankenkassen Gesetze und Bestimmungen momentan (in den Jahren 2009-2011) aktualisiert werden. Die Extraktion dieser Regelungen kann die potenziellen Änderungen erleichtern, da der operative Ablauf durch die Einführung der Änderung nicht gestört wird, diese jedoch zeitnah und in allen Prozessinstanzen umgesetzt werden kann.

9.1.5. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse

Der Prozess der Versorgungssteuerung wurde aufgenommen und als ein Netzwerk dargestellt. Dieser wird unter dem Namen 1_VSM_anonym mithilfe der Netzwerkanalyse untersucht. Der untersuchte Prozess stellt einen übergeordneten Ablauf des Versorgungsmanagements dar. Das bedeutet, dass hier lediglich die allgemeinen Abläufe, ohne die detailliert ausmodellierten Kommunikationsbeziehungen, betrachtet werden. Diese Sichtweise stimmt mit dem Projektziel überein. Denn es soll zunächst eine allgemeine Struktur entwickelt werden, die die Prozessautomatisierung unterstützen kann. Die einzelnen Abläufe, die teilweise im engen Kontakt mit dem Versicherten oder externen Einrichtungen durchgeführt werden, sind also für eine Automatisierung nicht geeignet. Die Ergebnisse der Prozessklassifizierung sind in der Tabelle 9.4 zusammen gefasst.

Dieser Prozess wurde allerdings bereits in die Analyse zur Ableitung von Metriken der Geschäftsprozesse einbezogen, so basieren die Ergebnisse der Prozesstypzuordnung auf einer anfänglichen manuellen Analyse der Prozesse. Die Rolle der Prozessaktivitäten blieb jedoch von dieser Analyse nicht beeinflusst.

Automatisierbar	Kernprozess	Inform. intensiv	Entscheidungsintensiv	Abstimmungsintensiv	Flexibel	Verteilt	Komm. intensiv	Ereignisreich
0	1	0	0	0	1	1	1	1

Tabelle 9.4.: Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Versorgungsmanagement

Die Analyse der Aktivitätenrollen ergibt die in der Tabelle 9.5 dargestellte Struktur.

Dabei können die Aktivitäten “Fall an VSM weitergeben“ sowie “Behandelnde Einrichtung kontaktieren” mit jeweils vier empfangenen Nachrichten als Prozesssenke definiert werden.

Informationsquelle	Informationssenke	Kommunikations aktivität	Kontrollaktivität
Versicherten kontaktieren	Behandelnde Einrichtung kontaktieren	Behandelnde Einrichtung kontaktieren	Versicherten kontaktieren
Fallsteuerung vorbereiten	Fall an VSM weitergeben	Fall an VSM weitergeben	Versicherter
Möglichkeit einer Steuerung evaluieren	Versicherter	Versicherten kontaktieren	Fallsteuerung vorbereiten
Interne Fallinformationen sammeln		Fallsteuerung vorbereiten	Möglichkeit einer Steuerung evaluieren
Verordnung / Antrag stellen		Möglichkeit einer Steuerung evaluieren	Verordnung / Antrag stellen
Behandelnde Einrichtung kontaktieren		Interne Fallinformationen sammeln	Interne Fallinformationen sammeln
Über Einschaltung des VSM entscheiden		Verordnung / Antrag stellen	
Fallübergabe / Startevent		Über Einschaltung des VSM entscheiden	

Tabelle 9.5.: Aktivitätenrollen Versorgungsmanagement

9.1.6. Vergleich der Ergebnisse

Die Netzwerkanalyse hat das Istmodell des Prozesses des Versorgungsmanagements als nicht automatisierbar und nicht informations-, entscheidungs- oder abstimmungsintensiv definiert. Zudem wurde der Prozess als Kernprozess, als flexibel, verteilt sowie kommunikations - und ereignisintensiv eingestuft. Teilweise decken sich diese Ergebnisse mit den Ergebnissen der klassischen Prozessanalyse. Die nicht-Automatisierbarkeit des Prozesses resultiert zum einen aus seiner aktuellen Umsetzung, d.h. ohne IT-unterstützten Informationsverwaltung oder Entscheidungsunterstützungssysteme. Zum anderen, können mit der netzwerkbasierten Prozessanalyse die dominierenden Aufgabentypen (siehe Abschnitt 2.2.2) im Prozess identifiziert werden. So werden auch die Regelprozesse als nicht automatisierbar identifiziert, obwohl ihre technische Unterstützung mithilfe von

z. B. Geschäftsregelmanagementsystemen ermöglicht werden kann. Der hier betrachtete Prozess ist nicht ausreichend strukturiert und verfügt über zahlreiche Schnittstellen zu anderen Prozessen; auch kann er nicht arbeitsteilig ausgeführt werden. Die Tatsache, dass der Prozess als nicht abstimmungsintensiv identifiziert wurde verdeutlicht, dass die Prozessteilnehmer weitgehend unabhängig von einander arbeiten und Informationen zur Unterstützung der Prozessausführung unbedingt benötigen. Die Ereignisintensität stellt die Tatsache heraus, dass die Zustände der involvierten Geschäftsobjekte sich häufig ändern und in den Prozessablauf einbezogen werden müssen[6].

Die Analyse der Rollen der Aktivitäten identifiziert nur wenige Informationssenken in diesem Prozess, die von mehreren Informationsquellen bedient werden. Des Weiteren entsprechen die Informationsquellen teilweise den in der Tabelle 9.2 während der klassischen Analyse identifizierten Informationsquellen. Die identifizierten Informationssenken geben diejenigen Aktivitäten wider, die einen erhöhten Informationsbedarf aufweisen. Diese stellen sich ebenfalls als Kommunikationsaktivtäten heraus. Es ist jedoch anzumerken, dass während der klassischen Prozessanalyse (Tabelle 9.3) wesentlich mehr Regelsenken (in der Netzwerkanalyse gleichzeitig als Informationsquellen betrachtet) identifiziert wurden. Der Unterschied bei der Anzahl der Regelquellen war nicht so groß. Der Versicherte wurde allerdings weder bei der Bestimmung der Regelquellen noch bei der Bestimmung der Regelsenken berücksichtigt.

Neben dem Versicherten stellen die den Prozess initiierenden Aktivitäten bzw. die Aktivitäten, die eine operationelle Entscheidung bezüglich der Versorgung auslösen, Kontrollaktivitäten dar. Die Kernaktivitäten umfassen ebenfalls den Kontakt mit dem Versicherten sowie die für die Informationsakquise und Prozesssteuerung notwendigen Aktivitäten. Die Prozesssenken zeigen die Tatsache auf, dass dieser Prozess in Zusammenarbeit mit den Fallmanagern erstellt wurde. Die Aufgabe der Fallmanager besteht darin, ausreichend Informationen zu sammeln, um den Fall gegebenenfalls an den Versorgungsmanager weiterzugeben.

Durch die Identifikation der Kontrollaktivitäten kann der entstehende Informationsbedarf angepasst und die Aktivitäten entsprechend verwaltet werden, z.B. durch die Implementierung eines Datenanalysesystems. Die Kernaktivitäten zeigen diejenigen Prozessschritte auf, die für die Prozessausführung unbedingt notwendig sind bzw. diejenigen, die nicht wesentlich verändert werden können, ohne das Prozessziel zu beeinflussen.

Als Fazit der Ergebnisse der beiden Ansätze kann gesagt werden, dass die netzwerkbasierte Analyse als effizienter bei der Ermittlung der grundlegenden Verhaltensstrukturen des Prozesses eingestuft werden kann. Soll eine detaillierte Implementierung von z.B. einem BRMS statt finden, bietet sie lediglich Hinweise, die ohne ein tieferes Prozessverständnis nicht als vollständig betrachtet werden können.

9.1.7. Reaktion des Kunden

Als das Ergebnis des Projekts wurde BKK vor Ort ein Soll-Prozessablauf als Modell und die erforderliche IT-Architektur zu ihrer Umsetzung vorgestellt. Das Konzept der Prozess-

[6] Der Wert der Kommunikations- und Ereignisdichte beträgt hier 1,94.

automatisierung und die damit einhergehende Änderung der IT-Architektur wurde von den Verantwortlichen für das Versorgungsmanagement in der BKK vor Ort mit großem Interesse zur Kenntnis genommen. Während die Unterstützung des Prozesses durch ein Workflowmanagementsystem mittelfristig eingeplant wurde, ist der Vorschlag der Einbindung der Geschäftsregeln in die automatisierte Prozessausführung in die langfristige Planung eingeflossen.

9.2. Autovermietung

Der in dieser Fallstudie abgebildete Prozess wurde in einem Interview mit dem Geschäftsstellenleiter einer großen europäischen Autovermietung verifiziert und diente als Beispielprozess zur Erhebung von Geschäftsregeln und der Ermittlung ihrer Auswirkung auf den gesamten Prozessablauf.

9.2.1. Thematische Einführung

Diese Fallstudie wurde im Rahmen einer Diplomarbeit am Fachgebiet Systemanalyse und EDV der Technischen Universität Berlin durchgeführt. Das Ziel der Arbeit war es, die Auswirkung von Geschäftsregeln auf den Prozessablauf zu untersuchen. Dafür wurde ein Prozess aus dem Bereich der Autovermietung in einer Simulationsumgebung umgesetzt. Um diese Simulation zu ermöglichen, wurden die Geschäftsregeln mithilfe des Vorgehensmodells zur Identifikation von Geschäftsregeln aus dem Abschnitt 3.2.3 identifiziert.

Das Prozessmodell wurde im Rahmen eines Interviews mit den Vertretern einer der größten europäischen Autovermietung evaluiert. Ein expliziter Auftrag zur Durchführung dieser Studie wurde nicht erteilt, das Unternehmen zeigte sich jedoch an der Implementierung des Konzeptes der Geschäftsregeln in den Prozess der Autovermietung interessiert. Der Autovermietungsprozess (30_CarRental) ist im Anhang[7] zu finden. Die Übersicht der Aktivitäten und ihre Nummerierung befinden sich ebenfalls im Anhang[8].

9.2.2. Vorhabensbeschreibung

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Abläufe einer Autovermietung mithilfe von Geschäftsregelmanagementsystemen zu automatisieren und so effizienter zu gestalten. Im Fokus stand dabei die Fragestellung, ob dieser Ansatz zu einer Effizienzsteigerung der Prozesse im Vergleich zu ihrer Umsetzung mithilfe der Workflowsysteme führt.

9.2.3. Vorgehen in der Fallstudie

Um diese Fragestellung bearbeiten zu können, wurde der Prozess der Autovermietung aufgenommen und in einem Experteninterview mit einem Manager der Autovermietung verifiziert. Dieser Prozess wurde anschließend in einer virtuellen Umgebung mithilfe eines

[7] Digital: Fallstudien, Autovermietung.
[8] Fallstudien: Autovermietung.

Workflowsystems umgesetzt. Es wurden Prozesskennzahlen definiert und gemessen. Anschließend wurde das Vorgehen der geschäftsregelorientierten Analyse aus dem Abschnitt 3.2 abgewandt, um Geschäftsregeln in diesem Prozess zu identifizieren. Diese wurden zusammengefasst (Prozess P39_CarRental bzw. Anhang[9]) und mithilfe eines Geschäftsregelmanagementsystems umgesetzt. Der so unterstützte Prozess wurde ausgeführt und die Prozesskennzahlen wurden erhoben. Daraus wurde der Einfluss der Geschäftsregelimplementierung auf den Geschäftsablauf abgeleitet.

9.2.4. Ergebnisse der Fallstudie

Die Ergebnisse der Anwendung des geschäftsregelorientierten Modells zur Prozessanalyse sind im Anhang[10] aufgeführt. Es wurden 14 Geschäftsregeln identifiziert. Dabei kann die Mehrzahl der identifizierten Regeln dem Typus der Prozessregeln zugeordnet werden, da sie den prozedualen Ablauf unterstützen. Diese Geschäftsregeln wurden ebenfalls einer Prozessaktivität zugeordnet, die diese auslösen können. Des Weiteren wurden ebenfalls die Prozessereignisse aufgeführt und modelliert, die für die Ausführung des Prozesses benötigt werden.

9.2.5. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse

Die Ergebnisse der Ermittlung von Prozesseigenschaften sind in der Tabelle 9.9 dargestellt.

Automatisierbar	Kernprozess	Inform. intensiv	Entscheidungsintensiv	Abstimmungsintensiv	Flexibel	Verteilt	Komm. intensiv	Ereignisreich
0	1	1	1	1	1	1	0	1

Tabelle 9.6.: Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Autovermietung

Der Prozess wurde als Ergebnis der netzwerkbasierten Analyse als nicht automatisierbar, und nicht kommunikationsintensiv eingestuft. Somit ist es ein Kernprozess, der als verteilt, flexibel, informations-, entscheidungs-, abstimmungs- und ereignisintensiv eingestuft werden kann. Die Informationsintensität kann durch die zahlreichen Angaben des Kunden bezogen auf die Fahrzeug- und temporären Präferenzen erklärt werden. Auch die Autovermietungsgesellschaft muss über den Zustand und Verbleib ihrer Fahrzeuge stets informiert werden. Die Entscheidungsintensität des Prozesses kann ebenfalls durch die operativen Entscheidungen begründet werden, die notwendig sind, um das Wagenkontingent effizient einsetzen zu können.

[9] Fallstudien: Autovermietung.
[10] Fallstudien: Autovermietung.

Informationssenke	Kommunikations aktivität	Kontroll aktivität	Kernaktivität
receive electronic confirmation	receive confirmation	receive confirmation	receive confirmation
receive confirmation	receive rental request	receive rental request	receive rental request
receive rental request	compute price	compute price	compute price
compute price	receive type suggestion	receive type suggestion	receive type suggestion
receive type suggestion	create rental request	receive electronic confirmation	receive electronic confirmation
receive car		send confirmation	send confirmation
receive alternative car		submit car choice	submit car choice
		create order	create order
		check constrains	check constrains
		match choice with stock	give out car
		check request	start1

Tabelle 9.7.: Aktivitätenrollen Autovermietung

Die Informationsquellen des Prozesses werden hier (siehe Tabelle 9.7) nicht separat betrachtet, da so gut wie alle Prozessaktivitäten als Informationsquellen gekennzeichnet wurden. Lediglich die Start- und Endereignisse lagen unter dem Durchschnitt der versendeten *linkevents*. Als Prozesssenke können hier die Aktivitäten "compute price" und "receive rental request" mit jeweils drei empfangenen Nachrichten identifiziert werden.

Kohärent zu der Typisierung des Prozesses sind hier nur wenige Kommunikationsquellen identifiziert worden. Dagegen ist in dem Prozess eine erhöhte Anzahl an Kontrollaktivitäten zu beobachten, die den Kernaktivitäten zu einem großen Teil gleichen.

9.2.6. Vergleich der Ergebnisse

Die netzwerkbasierte Analyse hat den untersuchten Prozess als nicht automatisierbar, jedoch als entscheidungs- und informationsintensiv eingestuft. Diese Typisierung bestätigt den Einsatz von Geschäftsregelmanagementsystemen. Die Analyse der Prozessaktivitäten führte zur Identifikation von wenigen Informationssenken. Diese stimmen zum größten Teil jedoch nicht mit den identifizierten Geschäftsregelquellen überein. Als ein Aspekt kann diese Diskrepanz auf die Tendenz zurückgeführt werden, die Geschäftsregeln im Laufe der Analyse ablauforientiert zu gestalten.

9.3. Deutsche Telekom AG

Die Deutsche Telekom AG ist das größte Telekommunikationsunternehmen in Europa mit dem Hauptsitz in Bonn. Das hier durchgeführte Projekt erfolgte in Zusammenarbeit mit den Deutsche Telekom Laboratories, einem Forschungs- und Entwicklungsinstitut der Deutschen Telekom (DTAG) und der Technischen Universität Berlin.

9.3.1. Thematische Einführung

Das Projekt fand im Kontext eines studentischen Systemanalyseprojektes des Fachgebiets Systemanalyse und EDV der Technischen Universität Berlin bei den Deutsche Telekom Laboratories (TLabs) im Wintersemester 2010/2011 statt. Das Ziel des Projektes war es, Prozesskriterien für die Identifikation von Geschäftsprozessen, die mithilfe der Ereignisorientierung umgesetzt werden sollten, zu entwickeln und zwei der Geschäftsprozesse entsprechend umzusetzen. Dafür mussten die Ereignisse und die Ereignisregeln identifiziert und modelliert werden. Das operative Ziel war es also, die Prozesse mithilfe eines ereignisbasierten Workflowmanagementsystems (TIBCO BusinessEvents) umzusetzen. Das bedeutet, dass das Projekt in der Domäne der Wokflow- basierten Prozessausführung angesiedelt war.

9.3.2. Projektbeschreibung

Das Projektziel war die Bestimmung der Kriterien zur Einführung der Ereignisorientierung bzw. des Complex Event Processings (CEP) sowie die anschließende Simulation der automatisierten Unterstützung von Geschäftsprozessen. Es wurden insgesamt sechs Prozesse aus der B2C- Domäne betrachtet. Die beschriebenen Prozesse lagen bereits als EPK-Modelle der Sollprozesse vor. Eine Auswahl der zur ereignisorientierten Umsetzung geeigneten Prozesse sollte getroffen werden. Diese Prozesse sollten in einer Laborumgebung unter Berücksichtigung der Ereignisorientierung bzw. des CEP umgesetzt und bezüglich der möglichen Potenziale der Prozessverbesserung untersucht werden.

9.3.3. Vorgehen im Projekt

Zur Bestimmung von Kriterien und Analyse der vorliegenden Prozesse bzw. in EPK abgebildeten Prozessmodelle wurde Literatur aus Forschung und Praxis herangezogen. Die gesammelten und ergänzten Kriterien wurden anschließend operationalisiert, d.h. für die konkrete Anwendung an den Prozessmodellen formuliert (siehe Abschnitt 3.4.1). Die operationalisierten Kriterien wurden anschließend mit der Anzahl der im Prozess beteiligten Sub-Prozesse normalisiert, um eine Vergleichbarkeit zwischen ihnen herstellen zu können.

Prozessmodelle der DTAG lagen bereits in einer Prozessdatenbank vor. Daraus wurden entsprechend den ermittelten Kriterien zwei Prozesse ausgewählt und in der Umgebung der NGIT[11]-Labs der DTAG mithilfe der BPM- und ereignisverarbeitenden Anwendun-

[11] Telekominterne Abkürzung: Next Generation Information Technology.

gen umgesetzt.

9.3.4. Ergebnisse des Projekts

Die Ergebnisse der Prozessauswahl finden sich im Anhang[12]. Zur ereignisorientierten Implementierung wurden zwei Prozesse: 55_Produktwechsel (B2C Domäne) und 57_Beschwerde zur Lösung (Operations Domäne) ausgewählt.

Die Ereignisstruktur wurde für diese Prozesse mithilfe der TIBCO-Software in Form eines Klassendiagramms dargestellt. Die Ereignisquellen und –Senken wurden also nicht explizit modelliert. Als relevante Geschäftsobjekte wurden dabei folgende Prozesselemente identifiziert:

- Angestellter der Telekom (hier: Call Center Agent bzw. Verkäufer)
- Das betriebliche Anwendungssystem
- Kunde
- Produkt

Zusätzlich zu diesen Elementen wurden noch die Kundendaten, Art des Kundenkontaktes sowie die Produkt- bzw. Beschwerdeart als Geschäftsobjekte identifiziert, die Ereignisse auslösen können.

9.3.5. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse

Die netzwerkbasierte Prozessanalyse führte zu folgenden Ergebnissen (Auswahl mithilfe der Netzwerkdarstellung anhand der *Ereignisdichte* als Hauptkriterium für die Auswahl), dargestellt in der Tabelle 9.8.

Prozess	E_d	Mit EO umsetzbar
53_Umzug	1,41	potenziell
55_Produktwechsel	1,44	ja
54_Providerwechsel	1,46	potenziell
57_Beschwerde zur Lösung	1,29	potenziell
56_Problemmeldung zur Lösung	1,3	ja
58_Auftrag mit Besuch	1,23	Nein (da viel manuel- evtl. baseline)

Tabelle 9.8.: Analyse der Prozesse auf ihre Eignung zur ereignisorientierten Implementierung

Die Bezeichnung „*potenziell*“ in der Tabelle 9.8, Spalte „*mit EO umsetzbar*“, bedeutet in diesem Kontext, dass die Prozesse durchaus geeignet sind ereignisorientiert (EO) umgesetzt zu werden, wurden jedoch in dieser Fallstudie nicht dafür ausgewählt, weil andere untersuchte Prozesse höhere Kennzahlen aus der klassischen Untersuchung bzw. eine bessere Dokumentation aufwiesen. Im Abschnitt 3.4.1 wurde die *Komplexität* des Prozesses als eines der Kriterien für ihre ereignisorientierte Umsetzung genannt. Mit der Metrik der Ereignisdichte wurde hierfür nun ein Maß und Indikator geschaffen.

[12]Digital: Fallstudien, DTAG.

In dem Kapitel 7.3 wurden die Prozesse mit einem E_d- Wert über 1,2 als ereignisreich bezeichnet. Daraus folgt, dass so gut wie alle betrachteten DTAG-Prozesse für eine ereignisorientierte Umsetzung geeignet sind. Der Prozess 58_AuftragmitBesuch liegt knapp über dem Schwellenwert, die Untersuchung des Prozessmodells hat jedoch den Schluss nahegelegt, dass der Prozess nicht automatisiert umgesetzt werden kann. Zusätzlich wird er als nicht verteilt klassifiziert (siehe Tabelle 9.9). Die Verteiltheit der Prozesse ist jedoch eine wesentliche Eigenschaft für die potenzielle Eignung zur ereignisorientierten Umsetzung.

Prozess	Automatisierbar	Kernprozess	Inform. intensiv	Entscheidungsintensiv	Abstimmungsintensiv	Flexibel	Verteilt	Komm. intensiv	Ereignisreich
53_ Umzug	0	1	1	1	1	0	1	0	1
55_ Produktwechsel	0	1	1	1	1	0	1	0	1
54_ Providerwechsel	0	1	1	1	1	0	1	1	1
57_ Beschwerde zur Lösung	0	1	1	1	1	0	1	0	1
56_ Problemmeldung zur Lösung	0	1	1	1	1	0	1	0	1
58_ Auftrag mit Besuch	0	1	1	1	1	(0)	0	0	1

Tabelle 9.9.: Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Deutsche Telekom AG

Die netzwerkbasierte Analyse der Prozesse hat die sechs Prozesse als nicht automatisierbar in ihrem Gesamtablauf, nicht kommunikationsintensiv (mit der Ausnahme des Prozesses 54) sowie als nicht flexibel eingestuft (siehe Tabelle 9.9). Diese Einordnung ist bei dem Prozess 58 eingeklammert, da die Untersuchung der Entropien der *betweenness* und *closeness* Zentralitäten den Prozess als nicht flexibel, die Untersung der Entropie der *degree* Zentralität ihn jedoch als flexibel eingestuft hat. Als Ergebnis wird der Prozess als nicht flexibel betrachtet. Des Weiteren wurden die Prozesse als Kernprozesse sowie als informations-, entscheidungs- und abstimmungsintensiv sowie ereignisreich eingeschätzt.

Mit Ausnahme des Prozesses 58 können sie ebenfalls als verteilt bezeichnet werden. Diese Ergebnisse unterstützen die auf der Tabelle 9.8 basierende Aussage, dass die betrachteten Prozesse potenziell für eine ereignisorientierte Umsetzung geeignet sind.

Die Auswertung der Aktivitäten zeigt, dass im Prozess 53 mehr Informationsquellen als Informationssenken vorhanden sind. Dabei wird ein großer Teil der Prozessaktivitäten als Informationsquellen identifiziert. Diese Ergebnisse können Schlüsse darüber zulassen, dass in diesem Prozess zahlreiche Entscheidungen von einigen wenigen Prozessaktivitäten getroffen werden müssen. Die identifizierten Kernaktivitäten decken sich zum großen Teil mit den Kontrollaktivitäten, ergänzen diese jedoch zusätzlich. Bei dem Prozess 53 bzw. 55 ist "Kunde" der Knoten mit den meisten empfangenen Nachrichten (29 bzw. 26 Nachrichten). Die wichtigsten Aktivitäten, also die Prozesssenke (der beiden Prozesse), sind dabei "Buchungsergebnis anzeigen" (IT) und "Einwilligungsprüfung ermitteln" (Agent). Diese Ergebnisse zeigen zum einen, dass der Prozess kundenausgerichtet ist zum anderen jedoch auch, dass die Prozesssenke eine Aktivität sein kann, die durch die prozessunterstützenden Anwendungssysteme ausgeführt werden kann.

Bei den Prozessen 54, 55, 56, 58 (Provider-, und Produktwechsel, Problemlösung sowie Auftrag mit Besuch) zeigt sich eine ähnliche Verteilung der informationsbezogenen Aktivitätenrollen wie beim Prozess 53: die Anzahl der Informationsquellen umfasst alle Prozessaktivitäten jedoch ohne die Start- und Endereignisse. Bei dem Prozess 57 gleicht sich die Anzahl der Informationsquellen und –Senken. Die Zahl der Kontroll- und Kernaktivitäten gleicht sich ebenfalls beim Prozess 54. Die Anzahl der Kernaktivitäten ist beim Prozess 55 größer als die der Kontrollaktivitäten. Bei den Prozessen 56, 57 und 58 ist die Anzahl der Kern- und Kontrollaktivitäten gleich, jedoch unterscheiden sie sich in mehreren Ausprägungen inhaltlich. Als Prozesssenken des Prozesses 54 konnten die Aktivitäten "Aktivität starten" (IT), "BKTO bearbeiten" (Agent), "Editieren wiederholen" (Agent), "Einwilligungsprüfung ermitteln" (Agent), "Informationspaketnotwendigkeit klären" (Agent) sowie "Kündigungsbestätigung prüfen" (IT) mit jeweils drei empfangenen Nachrichten identifiziert werden. Dabei hat jedoch der Knoten "Kunde" mit 32 Nachrichten als der Knoten mit den meisten empfangenen Nachrichten erwiesen. Im Prozess 56 sind die wichtigsten Knoten wiederum: der Kunde, mit 21 empfangenen Nachrichten, und die Aktivität "Kunde verabschieden" (Agent), die auf die Lösung des Problems hindeutet, mit 7 empfangenen Nachrichten. Auch bei dem Prozess 57 ist der Kunde der wichtigste Knoten (12 empfangene Nachrichten). Neben den Endereignissen ist die Aktivität "monetäre Ansprüche prüfen" (Agent) die wichtigste Prozessaktivität. Die Prozesssenke des Prozesses 58 wird von dem Monteur ausgeführt und lautet: "Auftragsstatus ändern".

9.3.6. Vergleich der Ergebnisse

Als Ergebnisse des Projektes wurden die Prozesse 55 und 56 zu ereignisorientierten Umsetzung ausgewählt. Hierbei sollten Prozesse aus zwei Domänen: B2C (Prozesse 53-55) und Operations (Prozesse 56-58) ausgewählt werden. Der Prozess 54 wurde ebenfalls für die ereignisorientierte Umsetzung in Betracht gezogen. Der Vorzug wurde dennoch dem Prozess 55 erteilt, da dieser über eine umfangreichere und präzisere Dokumentation

verfügte.

Bei der Auswahl des Prozesses für die Umsetzung der Ereignisorientierung war eine Rücksprache mit Prozessarchitekten (siehe Abschnitt 3.4) notwendig. Einen Ausschlag für die Entscheidung kann auch die vorliegende Dokumentation zu einem Projekt bzw. die Art der Kooperation mit den Prozessbeteiligten geben. Die Netzwerkanalyse des Prozesses bietet dagegen Hinweise anhand der Prozesseigenschaften darüber, welche Prozesse potenziell für eine ereignisorientierte Umsetzung geeignet sein können.

9.3.7. Reaktion des Kunden

Das Projekt stellte den ersten methodischen Schritt auf dem Weg der Einführung der Ereignisorientierung bei der Deutschen Telekom AG dar. Parallel zu diesem Projekt wurde das NGITLab der Telekom im Hinblick auf ereignisorientierte Anwendungssysteme ausgebaut. Die erstellten Methoden zur Implementierung des CEP-Konzeptes sowie die erstellten Prozess- und Ereignismodelle werden für die weitere Umsetzung dieser Richtung angewendet.

9.4. Siemens AG

Die Siemens AG ist ein Konzernverbund mit Doppelsitz in Berlin und München. Das operative Geschäft wird in sechs Hauptbereiche (Stand Februar 2010): Automatisierungstechnik, Energieversorgung, Verkehrstechnik, Medizintechnik und Beleuchtung[13] unterteilt.

9.4.1. Einführung ins Unternehmen und Beschreibung des Vorhabens

Die hier beschriebene Fallstudie entstand im Rahmen einer Diplomarbeit am Fachgebiet Systemanalyse und EDV im Wintersemester 2010/2011. Die Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens, innerhalb der Abteilung Siemens Energy Service in Berlin erstellt. Das Ziel der Diplomarbeit war es, den Auftragsabwicklungsprozess ("Order Management") aus der Sicht der internen Bearbeitung des Kundenauftrags zu dokumentieren. Hierbei wurde die geschäftsregelorientierte Analyse ebenfalls angewandt, so dass neben den Abläufen, die vorhandenen Geschäftsregeln im Prozess erfasst und dokumentiert werden konnten.

9.4.2. Vorgehen in der Fallstudie

Der Prozessablauf und die entsprechende Organisation wurde zum einen aus den vorhandenen Prozessdokumenten (Sekundärmethode) und zum anderen aus Interviews mit Prozessbeteiligten (Primärmethode) erhoben. Da für den Prozess noch keine dokumentierten oder formalisierten Geschäftsregeln vorlagen, wurden die Geschäftsregeln im Zuge

[13] Aufgrund der Vertaulichkeitvereinbarung kann hier der Prozess in seinem Gesamtablauf nicht veröffentlicht werden. Er kann jedoch zur Einsicht zur Verfügung gestellt werden.

der Rekostruktion des Prozessablaufs aus den Prozessdokumenten und Interviews abgeleitet.

9.4.3. Ergebnisse des Projekts

Zur Identifikation der Geschäftsregeln im Prozess, wurde das im Abschnitt 3.1.4 beschriebene Vorgehen angewandt. Dabei wurden die Geschäftsobjekte, das Unternehmensvokabular und die Prozessstakeholder betrachtet, die besonderen Einfluss auf den Prozess ausüben und besondere Forderungen an den Prozess stellen. Die Formulierung der erhobenen Geschäftsregeln erfolgte zum Zwecke der Einheitlichkeit anhand von Textschablonen. So entstanden neben der Dokumentation des Prozesses (in EPK- und BPMN-Notationen): ein Geschäftsvokabular sowie ein Verzeichnis mit Geschäftsregeln (siehe Anhang[14]). Als Aktivitäten, die eine Regel hervorrufen bzw. beinhalten wurden folgende Aktivitäten identifiziert:

- Kundenbedarf erfassen
- Angebot und Kundenauftrag abgleichen
- Auftrag im System anlegen
- Kundenauftrag technisch klären
- Kundenauftrag kommerziell klären
- Auftragsbestätigung versenden
- Position beschaffen
- Auftragsbestätigung des Lieferanten mit Bestellauftrag abgleichen
- Dokumente zum Kundenauftrag prüfen
- Lieferbereitschaft anzeigen

Als besonders interessant erwies sich dabei die Definition der Ableitungs- und Einschränkungsregeln, da diese, im Gegensatz zu den Prozessregeln, nicht unmittelbar aus dem Prozessmodell ersichtlich sind. Häufig sind diese Geschäftsregeln Ausdruck der Restriktionen seitens der Stakeholder des Prozesses oder der für den Prozess geltenden Gesetze und Vorschriften. Zur Formulierung der Regeln wurden im Rahmen der Diplomarbeit nach Schacher and Grässle (2006) zunächst relevante Informationen gebündelt und anschließend in Form von Geschäftsregeln ausgedrückt.

Im Laufe der Analyse hat sich die Tatsache, dass das gesammelte Wissen angewendet wird, ohne dass es seine explizite Ausformulierung als Geschäftsregeln gibt, als auffällig erwiesen. Lediglich durch mehrfaches Nachfragen sowie eine aufwändige Dokumentenrecherche konnten bestimmte Sachverhalte eindeutig identifiziert werden. Dies galt zum Beispiel für die Kriterien, nach welchen interne und externe Lieferanten unterschieden werden.

[14] Digital: Fallstudien, Siemens.

9.4.4. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse

Die netzwerkbasierte Analyse hat den Gesamtprozess (P6_siemGes) als nicht abstimmungs-, nicht entscheidungs-, nicht kommunikationsintensiv und nicht als ein Kernprozess, jedoch als verteilt, automatisierbar, informations-, und ereignisreich eingestuft. Dabei ist jedoch zu beobachten, dass die Ereignisintensität hier lediglich am Grenzwert anerkannt werden kann (siehe Tabelle 9.10). Obwohl in dem BPMN-Diagramm des Prozesses der Kunde modelliert wurde, was die Annahme des Kernprozesses zunächst stützen könnte, handelt es sich in diesem Fall der Auftragsabwicklung um einen unternehmensinternen Prozess. Der Kunde ist lediglich als Informationssenke dokumentiert worden.

Auch die Teilprozesse des Gesamtprozesses (P7-P9) wurden analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass lediglich der Prozess P8 als ein Workflow automatisiert werden könnte. Auch wurden die Prozesse P7 (externe Beschaffung) und P9 (interne Beschaffung) als Kernprozesse identifiziert, da hier das Bestellmanagement sowohl gegenüber den externen, aber auch den internen Lieferanten als Kunde fungiert. Bei Prozess P8 handelt es sich um eine interne Absprache, die innerhalb der Abteilung statt findet. Somit wurde der Prozess also als ein nicht verteilter Prozess identifiziert. Der Prozess P8 wurde als nicht flexibel im Sinne der Flexibilitätsdefinition aus dem Abschnitt 6.4.1.4 definiert. Beim Prozess P7 fiel diese Entscheidung nicht eindeutig aus, da der Wert der Entropie der *closeness centrality* positiv, der der *betweenness centrality* jedoch negativ ausfiel. Der Prozess P8 wurde ebenfalls als nicht ereignisreich identifiziert; auch erwies er sich als der Prozess mit der geringsten Kommunikationsdichte[15].

Prozess	Automatisierbar	Kernprozess	Inform. intensiv	Entscheidungsintensiv	Abstimmungsintensiv	Flexibel	Verteilt	Komm. intensiv	Ereignisreich
P6_siemGes	1	0	1	0	0	1	1	0 (0,923)	1 (1,27)
P7_siemExtr	0	1	1	1	0	1	0	0 (0,94)	1 (1,44)
P8_siemKomm	1	0	0	0	0	0	1	0 (0,857)	0 (1,04)
P9_siemInt	0	1	1	1	0	1	1	0 (0,9167)	1 (1,38)

Tabelle 9.10.: Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Siemens AG

Die Analyse der Aktivitäten des Gesamtprozesses P6 führte zu keiner Definition von Informationsquellen, da alle Prozessaktivitäten (ausgenommen die Start- und Endereignisse) die gleiche Anzahl an *linkevents* versendet haben (siehe Tabelle 9.11). Diese Tatsache unterstützt die Ergebnisse der Prozesstypisierung als nicht abstimmungs- und kommunikationsintensiv. Allerdings konnten Informationssenken identifiziert werden. Die identifizierten Kernaktivitäten stimmen mit der Menge der identifizierten Kontrollaktivitäten

[15] siehe auch Anhang digital: Fallstudien, Siemens.

überein. Zudem sind die Aktivitäten: "Auftrag kommerziell klären", "Auftrag technisch klären" und "AWV-Kennzeichen eintragen" Subprozesse, die weiter ausmodelliert werden können. Allerdings verfügen die beiden letzten Teilprozesse lediglich über 8 bzw. 9 Knoten, so dass sie nicht in die netzwerkbasierte Analyse einbezogen wurden. Der Teilprozess "Auftrag kommerziell klären" wurde jedoch als P8 in die Netzwerkdarstellung überführt und analysiert. Als Prozesssenke des Gesamtprozesses kann die Aktivität "Pruefen ob Dokumente vollstaendig" mit fünf empfangenen Nachrichten identifiziert werden.

Kernaktivität	Kontrollaktivität	Komm. Aktivität	IQ	IS
Beschaffung prüfen	s. Kernakativität	Beschaffung prüfen	nicht definiert	Pruefen ob Dokumente vollstaendig
Auftrag kommerziell klären		Pruefen ob Dokumente vollstaendig		SD Auftrag anlegen
Auftrag technisch klären		SD Auftrag anlegen		Angebotsprozess starten
Pruefen ob Dokumente vollstaendig		Bestellung abgleichen		Intern beschaffen
SD Auftrag speichern		Material entnehmen		
AWV-Kennzeichen eintragen		Intern beschaffen		
SD Auftrag anlegen		Pruefen ob Angebot erstellt werden muss		
		Pruefen ob Positionen verfuegbar		

Tabelle 9.11.: Aktivitätenrollen Siemens AG (Gesamtprozess)

9.4.5. Vergleich der Ergebnisse

Die untersuchten Prozesse wurden als nicht abstimmungs- oder kommunikationsintensiv und lediglich die Beschaffungsprozesse wurden als entscheidungsintensiv identifiziert. Diese sind ebenfalls die einzigen Prozesse mit einem direkten Kundenkontakt. Daraus kann geschlossen werden, dass diese Prozesse hauptsächlich im Bereich der Informationsverwaltung (z.B. Dokumenten- oder Ressourcenmanagement) mit betrieblichen Anwendungssystemen unterstützt werden können. Das bedeutet, dass hier der Schwerpunkt der Prozessabwicklung auf der Informationsverwaltung, jedoch nicht auf dem Informationstransport oder -übermittlung gelegt werden soll.

Die geschäftsregelorientierte Analyse identifizierte die im Abschnitt 9.4.3 aufgeführten Aktivitäten, als Geschäftsregelquellen. Diese Aktivitäten wurden bei der netzwerkbasierten Analyse z.T. als Kern- oder Kommunikationsaktivitäten bzw. Informationssenken identifiziert.

9.4.6. Reaktion des Kunden

Zwar wurden vom Kunden die zusätzlichen Erkenntnisse der geschäftsregelorientierten Analyse begrüßt, da jedoch die Dokumentation der Prozesse mit ARIS(- Express) erfolgt und dieser ohne die Komponente ARIS Rule Designer die Geschäftsregelmodellierung nicht unterstützt, wird der Geschäftsregelansatz nicht unmittelbar von dem Unternehmen übernommen.

9.5. Konsumgüterhersteller

Der hier untersuchte Prozess wurde in Interviews und durch die Inventur der Prozessdokumentation, die als Foliensatz seitens eines großen Konsumgüterherstellers vorlag, erhoben und diente als Fallbeispiel für die ereignisorientierte Umsetzung eines verteilten Prozesses.

9.5.1. Thematische Einführung

Diese Fallstudie wurde im Rahmen einer Masterarbeit am Fachgebiet Systemanalyse und EDV im Sommersemester 2009 durchgeführt. Das Ziel der Arbeit war es, eine ereignisorientierte Architektur am Beispiel eines verteilten Prozesses umzusetzen. Dafür wurde ein Prozess aus dem Bereich des Großhandels erhoben und in einer virtuellen Umgebung umgesetzt. Das Prozessmodell wurde im Rahmen eines Interviews mit den Vertretern eines großen Konsumgüterherstellers evaluiert. Ein expliziter Auftrag zur Durchführung dieser Studie wurde nicht erteilt, das Unternehmen zeigte sich jedoch an der ereignisorientierten Umsetzung von verteilten Prozessen interessiert.

9.5.2. Vorgehensbeschreibung

Das Prozessmodell wurde aus den vorhandenen Dokumentationen des Unternehmens erhoben. Anschließend wurde das Modell in einem Interview mit einem Prozessteilnehmer evaluiert. Das Modell bildete die Grundlage für die beispielhafte Entwicklung einer ereignisorientierten Architektur zur Umsetzung von verteilten Prozessen. Teile des modellierten Prozesses dienten zur Demonstration der Architektur.

9.5.3. Ergebnisse der Fallstudie

Ein Prototyp einer ereignisgesteuerten Architektur (*event-driven architecture*, EDA) wurde erfolgreich in einer virtuellen Maschine umgesetzt. Als Ereignisse wurden dabei ausschließlich die Ereignisse aus dem Workflow-Ablauf verwendet, so dass keine zusätzliche Ereignisidentifikation statt gefunden hat. Das Prozessmodell floss in die Ermittlung der Prozessmetriken als Prozess 8_Contracting in die netzwerkbasierte Analyse ein.

9.5.4. Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse

Der Prozess der Auftragsvergabe an Zwischendienstleister wurde als nicht automatisierbar und nicht kommunikationsintensiv eingestuft. Dagegen weist er Eigenschaften eines Kernprozesses sowie der Informations-, Entscheidungs- und Abstimmungsintensität auf. Zudem wurde der Prozess ebenfalls als ereignisreich eingeordnet (siehe Tabelle 9.12).

Automatisierbar	Kernprozess	Inform. intensiv	Entscheidungsintensiv	Abstimmungsintensiv	Flexibel	Verteilt	Komm. intensiv	Ereignisreich
0	1	1	1	1	1	1	0	1

Tabelle 9.12.: Ergebnisse der netzwerkbasierten Analyse: Konsumgüterhersteller

Es ist jedoch anzumerken, dass der Wert der Ereignisdichte bei diesem Prozess lediglich 1,21 beträgt und sich damit gerade an der Grenze befindet, um als ereignisreich bezeichnet zu werden.

Als Informationsquellen wurde auch hier der größte Teil der Prozessaktivitäten identifiziert. Diese beliefern jedoch eine verhältnismäßig geringe Anzahl an Informationssenken. Übereinstimmend mit der Einordnung des Prozesses als nicht kommunikationsintensiv, wurden hier ebenfalls lediglich wenige Kommunikationsaktivitäten identifiziert. Auch hier decken sich die Kernaktivitäten und die Kontrollaktivitäten fast vollständig (siehe Tabelle 9.13). Als Prozesssenke kann hier die Aktivität “deliver completed article” identifiziert werden.

Informationssenke	Kommunikationsaktivität	Kontrollaktivität	Kernaktivität
deliver completed article	deliver completed article	Create order	Create order
Receive article	Demand	deliver completed article	deliver completed article
Purchase order fulfilled		Demand	Demand
purchase order received		create packaging order	create packaging order
		Receive article	Purchase order received

Tabelle 9.13.: Aktivitätenrollen Konsumgüterhersteller

9.5.5. Vergleich der Ergebnisse

Das Ziel der Masterarbeit war die Implementierung einer ereignisorientierten Architektur zur Umsetzung von einem verteilten Prozess. Das vorliegende Prozessmodell wurde als Grundlage für die Umsetzung angewendet. Das bedeutet, dass der Prozess mithilfe einer EDA automatisiert wurde. Allerdings ist hier anzumerken, dass zum einen der Prozess in weitere Sub-Prozesse aufgeteilt wurde, um die Prozessgestaltung an die Automatisierung

anzupassen. Zum anderen wurde der Prozess nicht vollständig in einer EDA umgesetzt, sondern lediglich die Subprozesse, die sich für die Umsetzung in einem ereignisorientierten Workflowsystem geeignet waren.

9.6. Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Fallstudien

Der Einsatz der netzwerkbasierten Analyse parallel zur klassischen Geschäftsprozessanalyse bzw. zur hier definierten geschäftsregel- oder ereignisorientierten Analyse hat gezeigt, dass dieser Ansatz durchaus Einsichten in die Prozessstrukturen bietet, die durch die klassischen Ansätze ohne tieferes Prozesswissen nicht offensichtlich aufgezeigt werden konnten. Die Fallstudien, als eine Form der Evaluation der definierten Vorgehen gegenüber der Realwelt, haben also die Anwendung und die Ergebnismenge der entwickelten Vorgehen und Metriken aufgezeigt. So können die Kriterien zur ereignisorientierten Umsetzung von Prozessen aus dem Abschnitt 3.4.3 quantifiziert werden. Somit kann die netzwerkbasierte Analyse effizient bei der Entscheidung über die ereignisorientierte Umsetzung von Prozessen zur Beurteilung über die Verteiltheit bzw. Komplexität der Prozesse eingesetzt werden. Die Entscheidungsintensität bzw. quantitative Typisierung eines Prozesses kann ebenfalls Aufschluss über den Einsatz von Geschäftsregelmanagement- bzw. weiteren betrieblichen Anwendungssystemen geben.

Allerdings weisen die Geschäftsprozesse eine relativ geringe Anzahl an gesendeten und empfangenen Nachrichten auf. Diese Tatsache kann darin begründet sein, dass das Modellierungsziel die Darstellung der Abläufe und weniger die der Kommunikation und Kollaboration war. Um genaue Anweisungen für die Verwaltung von Prozessen aus den Ergebnissen der netzwerkbasierten Analyse ableiten zu können, müssen daher weitere Fallstudien durchgeführt und ausgewertet werden. So kann z.B. die Aussage über die Automatisierbarkeit oder ereignisorientierte Umsetzung von Prozessen durch die Analyse der Kombination mit anderen Eigenschaften (Informationsintensität und Flexibilität, bzw. Ereignis- und Kommunikationsintensität) präzisiert werden. Die Identifikation von den wichtigsten Prozessaktivitäten, d.h. Prozesssenken, erlaubt eine Aussage über die geplante Ausrichtung des Prozessablaufs bzw. über die Senke der erforderlichen Informationen und Prozessvarianten. Diese Kenntnis spielt nicht nur für den Prozessanalysten eine Rolle, sondern kann auch dem Prozessausführenden wichtige Informationen bezüglich der Steuerung der Prozessabläufe bieten.

Der Vergleich der netzwerkbasierten und der geschäftsregelorientierten Analyse hat gezeigt, dass die Geschäftsregelquellen nicht immer bzw. nicht vollständig mit den identifizierten Informationssenken übereinstimmen. Dieses Ergebnis kann mehrere Gründe haben. Zum einen kann das Vorgehen der Geschäftsregelidentifikation semantisch nicht eindeutig sein, so dass der Begriff der Geschäftsregelquellen aus dem Geschäftsprozessmodell heraus nicht eindeutig zu bestimmen ist. Zum anderen orientiert sich die netzwerkbasierte Analyse an dem Geschäftsprozessmodell und den modellierten Informationsflüssen. Da die Geschäftsregeln lediglich implizit in der gewählten Modellierungsnotation berücksichtigt werden, liegen nicht genügend Informationen für eine vollständige regelorientierte Analyse des Prozessnetzwerkes vor. Somit bitten die Ergebnisse der netzwerkbasierten

Analyse lediglich Hinweise auf Aktivitäten, die Informationen sammeln bzw. steuern, und somit als Geschäftsregelquellen interpretiert werden können.

10. Zusammenfassung und Ausblick

Die in dieser Arbeit behandelte Forschungsfrage war, ob eine Anwendung der Methode der Netzwerkanalyse auf Geschäftsprozesse zum Zwecke der quantitativen Analyse ihrer Eigenschaften möglich ist. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde der positivistische Forschungsansatz, der eine Formulierung und Test von operationalisierten Forschungshypothesen erfordert, angewendet. Dabei wurde jedoch nicht nur die Ablaufstruktur des Prozesses berücksichtigt, sondern auch die Verhaltensaspekte der Geschäftsabläufe. Das Informationsverhalten wurde hier mithilfe der Konstrukte der Geschäftsregeln und Ereignisse externalisiert. Um diesen Aspekt auch im netzwerkbasierten Analyseansatz berücksichtigen zu können, wurde hier insbesondere der Einsatz einer ereignisorientierten Netzwerkanalyse untersucht.

Um die Forschungshypothesen testen zu können, wurde eine Stichprobe aus 58 Geschäftsprozessmodellen erstellt, die in die Netzwerkdarstellung überführt wurden, um die Quantifizierung ihrer Eigenschaften zu ermöglichen. Die Ableitung der Prozesseigenschaften sowie die Hypothesentests erfolgten mithilfe der Methoden der schließenden Statistik.

Um die abgeleiteten Prozesseigenschaften validieren zu können, wurden zwei Vorgehensmodelle zur Ableitung von prozessspezifischen Verhaltensaspekten, also von Geschäftsregeln und Ereignissen, die auf dem klassischen Ansatz der Prozessanalyse basieren, entwickelt. Die Ergebnisse dieser Analyse wurden anschließend diskutiert und mit den Ergebnissen der netzwerkbasierten ereignisorientierten Analyse verglichen. Dabei zeigte sich dieser Ansatz insbesondere bei der Beurteilung von schwer zu formalisierenden Prozesseigenschaften wie die Informations- oder Entscheidungsintensität als besonders hilfreich. Die Netzwerkanalyse wurde bei der Untersuchung nicht nur auf die analytischen und statistischen Aspekte beschränkt. So wurde hier als Ergebnis ein auf der Netzwerktheorie basierender ereignisorientierter, quantitativer Ansatz zur Analyse von Geschäftsprozessen entwickelt und vorgestellt. Die Quantifizierbarkeit der Prozesseigenschaften und der Eigenschaften von Prozesselementen stand dabei im Fokus, um wiederholbare, also zuverlässige, und möglichst objektive Ergebnisse der Prozessanalyse gewährleisten zu können. Dadurch soll eine effizientere und fokussierte Auswahl der Geschäftsprozessmanagementstrategie ermöglicht werden. Die aus dem Netzwerkansatz resultierende Visualisierung der Prozesse als Netzwerke ist ebenfalls als Unterstützung der beschreibenden Analysemethode in den Ansatz eingeflossen. Dabei konnte in einem Laborexperiment gezeigt werden, dass diese Visualisierung einen verbesserten Cognitive Fit bei der Analyse der Informationsstrukturen im Prozess aufweist.

Der hier vorgestellte netzwerkbasierte Ansatz der Prozessanalyse basiert auf den Definitionen und Konzepten aus dem Bereich des Geschäftsprozessmanagements, die ebenfalls bei klassischen Analysevorgehen angewendet werden. Jedoch erfordern die klassischen

Ansätze einen zeitintensiven Einsatz von Experten und eine tiefgehende Prozesskenntnis, die nicht selten bereits bei der Prozessaufnahme vorhanden sein muss. Ebenfalls ist ein fundiertes Wissen im Bereich der Prozessanalyse und des Prozessmanagements notwendig, um eine valide Analyse durchführen zu können. Somit erweisen sich die klassischen Ansätze sowohl als zeitintensiv als auch als wissensintensiv und subjektiv. Um diese Aspekte abzumildern, kann also die netzwerkbasierte Analyse angewendet werden.

Dieser Ansatz wurde im industriellen Kontext anhand von Fallstudien validiert und erwies sich als eine passende und wertvolle Ergänzung im Bereich der Entscheidungsfindung im Geschäftsprozessmanagement. Die anfangs als Nullhypothesen aufgestellten Forschungshypothesen konnten im Laufe der Untersuchung also verworfen werden:

F1: Prozesstypen können nicht anhand ihres Verhaltens charakterisiert werden.

F2: Folgende Prozesstypen können nicht anhand der Metriken des Prozessnetzwerks differenziert werden: Kernprozesse, automatisierbare Prozesse, flexible Prozesse, verteilte Prozesse, informationsintensive Prozesse, entscheidungsintensive Prozesse.

F3: Rollen der Prozessaktivitäten können bezüglich ihres Informationstransformationsverhaltens nicht unterschieden werden.

F4: Die Verteilung der Aktivitätenrollen hängt nicht von dem Prozesstyp ab.

F5: Netzwerkvisualisierung eines Prozesses unterstützt den Analysten nicht bei der Ermittlung von Informationsstrukturen des Prozesses.

Als Ergebnis der entsprechenden Hypothesentests kann also auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ gesagt werden, dass Prozesstypen anhand ihres Verhaltens, das hier durch Geschäftsregeln und Ereignisse externalisiert wurde, unterschieden werden können. Auch können Rollen von Prozessaktivitäten bezüglich ihres Verhaltens im Bezug auf den Informationstransport im Prozess, also ihres Informationskapitals, differenziert werden. Die Verteilung der Aktivitätenrollen im Prozess ist dabei abhängig vom Prozesstyp, was seine Bedeutung für das Management von Prozessen unterstreicht. Auch haben die Ergebnisse des Laborexperiments gezeigt, dass die Visualisierung der Prozesse als Netzwerke den Prozessanalysten bei der Untersuchung der Informationsstrukturen unterstützen kann.

Der Mehrwert des Ansatzes wird zum einen in der Identifikation der Verhaltensstrukturen des Prozesses, die beim Austausch von Informationen und Daten entstehen, zum anderen in der Formalisierung und Quantifizierung von Prozess- und Aktivitätentypen, die eine objektive und wiederholbare Einordnung sowie die anschließende Auswahl der Verwaltungsmethoden erlauben, gesehen.

Der hier entwickelte netzwerkbasierte ereignisorientierte Ansatz zur Analyse von Geschäftsprozessen stellt einen Beitrag auf dem Gebiet der quantitativen Prozessanalyse dar und erlaubt somit das Erzielen von robusten und vergleichbaren Ergebnissen. Seine starke Anlehnung an die Soziale Netzwerkanalyse muss jedoch durch weitere Forschung stärker auf den Kontext der Geschäftsprozessorientierung fokussiert werden.

So soll in weiteren Forschungsarbeiten der Begriff des Systemzustands vertieft und die Zustandsmatrix des Systems auf weitere Operationalisierung im Bereich der Prozessanalyse ausgearbeitet werden. Der wahrscheinlichkeitstheoretische Ansatz der Betrachtung von Geschäftsereignissen kann so verstärkt und detailliert untersucht werden, um daraus gegebenenfalls Hinweise auf die Wiederverwendbarkeit von Aktivitäten bzw. Aufteilung

der Geschäftsabläufe in Funktionen (Services) ableiten zu können.

Des Weiteren sollen die hier identifizierten Prozesstypen und –Eigenschaften weiter präzisiert werden. So kann bei der Bestimmung der Automatisierbarkeit von Prozessen lediglich der dominante Aufgabentyp des Prozesses erkannt werden, so dass weitere Aspekte der Prozessausführung nicht berücksichtigt werden können. Es soll jedoch möglich sein nicht nur die Routineprozesse, sondern auch die Regelprozesse als automatisierbar identifizieren zu können. Auch die Ableitung von Verwaltungsmaßnahmen für den Prozesstyp soll durch weitere Fallstudien präzisiert werden. So soll es ermöglicht werden, die Kombination der Prozesseigenschaften dazu zu nutzen, konkrete Maßnahmen für das Prozessmanagement und - Umsetzung abzuleiten.

Der hier vorgestellte Analyseansatz findet auf der Prozess- und Aktivitätenebene statt. Ein weiterer Schritt wird es sein, die Analyse auf die Zusammenarbeit zwischen den Prozessen zu erweitern und somit die Analyse auf die Domänenebene zu verlagern. Daraus können potenziell Angaben über die Prozessstellung in der Domäne und die Prozessrolle für die Bearbeitung der Domänenziele gemacht werden. Des Weiteren, bietet die Quantifizierung der Prozesseigenschaften eine Basis für den Vergleich von Prozessen wie er z.B. in den Bereichen der Compliance mit den Referenzprozessen benötigt wird.

Bei der Betrachtung der netzwerkbasierten ereignisorientierten Prozessanalyse wurde ebenfalls deutlich, dass dieser Ansatz dann effizient ist, wenn die Prozessmodelle in einem für die Netzwerkanalyse geeigneten Datenformat vorliegen. In dieser Arbeit wurde die Transformation der Daten noch manuell ausgeführt, es wurde jedoch auch die Möglichkeit aufgezeigt, diesen Vorgang zu automatisieren. So soll also ein Transformationswerkzeug zur Überführung von in XML-Format vorliegenden Prozessmodellen in für das hier verwendete Datenformat der Netzwerkanalysesoftware Commetrix entwickelt und sein Einsatz in der netzwerkbasierten Prozessanalyse validiert und verifiziert werden. Anschließend soll eine Aufwandsabschätzung zur Durchführung dieser Analyse durchgeführt werden. Auch für die hier aufgeführten Ansätze zur geschäftsregel- und ereignisorientierten Prozessanalyse soll eine Aufwandabschätzung im Rahmen von Fallstudien durchgeführt werden. Die resultierenden Werte sollen eine Grundlage für die Abschätzung des Mehrwerts des hier vorgeschlagenen Ansatzes bei Prozessanalyse im Unternehmen darstellen. Ebenfalls um zuverlässigere und präzisere Aussagen über die Verwaltung und Umsetzung von Prozessen anhand der Netzwerkergebnisse treffen zu können, werden weitere Fallstudien durchgeführt und ausgewertet werden.

Im Laufe der Erstellung von Prozessnetzwerken wurde deutlich, dass die Überführung der mit EPK erstellten Prozessmodelle in die BPMN-Darstellung potenziell zu Änderungen in der Wiedergabe des Prozessverhaltens führen kann. Der Paradigmenwechsel (von ereignisgesteuerter zu ablauforientierter Darstellung) verschiebt somit den Modellierungsfokus so, dass die ursprünglichen Informationen nicht lückenlos wiedergegeben werden können. Diese Auswirkungen des Notationswechsels stellen einen weiteren Forschungsfokus dar.

Eine weitere Untersuchung bietet sich im Bereich der Cognitive Fit Theory an. Hier kann die in dieser Arbeit beschriebene explorative Studie bezüglich der einzelnen Aspekte der Prozessdarstellung ausgeweitet werden. So muss die Frage untersucht werden, welche Aspekte der Netzwerkvisualisierung tatsächlich das Verständnis der Informationsstruk-

turen des Prozesses beeinflussen.

Literaturverzeichnis

Specifications: Bpmn 2.0, 2010. URL `http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/`.

P. Adler and S.-W. Kwon. Social capital: The good, the bad, and the ugly. Technical report, USC Marshall, 2009.

R. Agarwal, A.P. Sinha, and M. Tanniru. Cognitive fit in requirements modeling: A study of object and process methodologies. *Journal of Management Information Systems*, 13 (2):137–163, 1996.

R. S. Aguilar-Saven. Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90:129–149, 2004.

Y.-Y. Ahn, S. Han, H. Kwak, S. Moon, and H. Jeong. Analysis of topological characteristics of huge online social networking services. In *World Wide Web Conference Committee (IW3C2)*, Banff, Alberta, Canada, 2007.

M.K. Ahuja, D.F. Galletta, and K.M. Carley. Individual centrality and performance in virtual randd groups: An empirical study. *Management Science*, 49(1):21–38, 2003.

S. Aier. How clustering enterprise architectures helps to design service oriented architectures. In *SCC '06. IEEE International Conference on Services Computing*, pages 269–272. IEEE, 2006a.

S. Aier. *Informationstechnologien als Basis einer nachhaltigen Unternehmensarchitektur-Abhängigkeiten zwischen Organisation und Informationstechnologie*. Unternehmensarchitekturen. Gito, Berlin, 2006b.

S. Aier and M Schönherr. Model driven service domain analysis. In D. Georgakopoulos et al., editor, *ICSOC 2006 Workshop*, volume LNCS 4652, pages 190–200. Springer, 2007.

M. Al-Mashari, Z. Irani, and M. Zairi. Business process reengineering: a survey of international experience. *Business Process Management Journal*, 7(5):437–455, 2001.

R. Albert and A. Barabasi. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 74(1):47–98, 2002.

T. Allweyer. *Geschäftsprozessmanagement*. W3l GmbH, 2005.

Th. Allweyer. *BPMN 2.0 Business Process Model and Notation- Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*. Books on Demand GmbH„ 2nd edition, 2009.

E.W. Anderson and C. Fornell. Customer satisfaction, market share, and profitability: findings from sweden. *Journal of Marketing*, 58(3):53–66, 1994.

R.N. Anthony. *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis*. Harvard University, Boston, USA, 1965.

K. Backhaus, B. Erichson, and W. Plinke. *Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer, 11. edition, 2005.

S. Balasubramanian and M. Gupta. Structural metrics for goal based business process design and evaluation. *Business Process Management Journal*, 11(6):680–694, 2005.

M. Bampo, M. T. Erwing, D.R. Mather, and M. Stewart, D.and Wallace. The effects of the social structure of digital networks on viral marketing performance. *Information Systems Research*, 19(3):273–290, 2008.

S. Baron, M. Spiliopoulou, and O. Günther. Efficient monitoring of patterns in data mining environments. In *Advances in Databases and Information Systems*, pages 253–265. Springer, 2003.

V. R. Basili, G. Caldiera, and H.D. Rombach. Goal question metric paradigm. In John J. Marciniak, editor, *Encyclopedia of Software Engineering*, volume 1, pages 528–532. 1994.

R. L. Baskerville, J. Pries-Heje, and J. Venable. Soft design science research extending the boundaries of evaluation in design science research, 2007.

F. L. Bauer and H. Dreyer. Deutsche normen. Technical report, 1964.

T. Becker. Ereignisorientiertes prozessleistungsmanagement. In H. Emmerich R. Ijioui and M. Ceyp, editors, *Supply Chain Event Management*. Springer, 2007.

T. Becker. *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*. Springer, 2008.

L. W. Beineke, O. R. Oellermann, and R. E. Pippert. The average connectivity of a graph. *Discrete Mathematics*, 252(1):31–45, 2002.

I. Benbasat and R.W. Zmud. Empirical research in information systems: The practice of relevance. *MIS Quarterly*, 23(1):3–16, 1999.

S. Bender-Demoll and D. McFarland. The art and science of dynamic network visualization. *Journal of Social Structure*, 7(2):1–38, 2006.

M. Benkenstein and A. Stenglin. *Forum Dienstleistungsmanagement. Dienstleistungscontrolling*, chapter Prozessorientiertes Qualitätscontrolling von Dienstleistungen. Gabler, 2005.

P. Bergsten, P.and McBrien, A.H. Seltveit, and R. Wohed. The tempora external rule language - version 2. Working paper, Imperial College, May 1992.

J. A. Bergstra and M.E. Loots. Program algebra for component code. *Formal Aspects of Computing*, 12(1):1–17, 2000.

K. Bessai, B. Claudepierre, O. Saidini, and S. Nurcan. Context-aware business process evaluation and redesign. In *BPMDS*, 2008.

J. R. Bettman, E.J. Johnson, M. F. Luce, and J. W. Payne. Correlation, conflict and choice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(4): 931–951, 1993.

J.R. Bettman and M. Zins. Information format and choice task in decision making. *Journal of Consumer Research*, 6(September):141–153, 1979.

A. Bühl and P. Zöfel. *SPSS Version 8- Einführung in die Moderne Datenanalyse unter Windows*. Addison Wesley, 5.s edition, 1998.

I. Bider. Masking flexibility behind rigidity: Notes on how much flexibility people are willing to cope with. In *CAiSE'05 Workshop*, pages 7–18, 2005.

J. Biethahn, H. Mucksch, and W. Ruf. *Ganzheitliches Informationsmanagement*. Oldenbourg, Oldenburg, 6. edition, 2004.

V. Blume, Chr. Gehrmanny, and H.-D. Haasisz. Überbetriebliches informations- und entscheidungsmanagement am beispiel der kreislaufwirtschaft. In *Wirtschaftsinformatik*, pages 787–803. Springer, 2001.

A. Bobrik and M. Trier. Modellüberblick. In Krallmann et al., editor, *Systemanalyse im Unternehmen. Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik*. Oldenburg, Oldenburg, 5. edition, 2007.

A. Bobrik and M. Trier. Content-based community detection in social corpora. In *Wirtschaftinformatik Proceedings 2009*. Springer, 2009.

F. Bodendorf. *Daten- and Wissensmanagement*. Springer, 2006.

P. Boekhoudt, H. Jonkers, and M. Rougoor. Graph-based analysis of business process models. In N. Mastorakis, editor, *Mathematics and Computers inModern Science: WSES/MIUE/HNA International Conference*, 2000.

E. B. Bolles. *A Second Way of Knowing*. Prentice Hall, New York, 1991.

B. Bollobas. *Modern Graph Theory*. Springer, 1998.

P. Bonnet, J.-M. Detavernier, D. Vauquier, J. Boyer, and E. Steinholtz. Rules management at the scale of the whole enterprise. In *Sustainable IT Architecture: The Progressive Way of Overhauling Information Systems with SOA*. ISTE, London, UK, 2010.

J. H. Boose. A survey of knowledge acquisition techniques and tools. *Knowledge Acquisition*, 1:3–37, 1989.

J.H. Boose. A knowledge acquisition program for expert systems based on personal construct psychology. *International Journal of Man Machine Studies*, 23:495–525, 1985.

S. Borgatti. Identifying sets of key players in a social network. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 12(1):21–34, 2006.

J. Bortz and N. Döring. *Forschungsmethoden und Evaluation. Für Sozialwissenschaftler.* Springer, 1995.

D. Bromberg. Bpm for knowledge workers inside decision intensive processes (dips): Knowledge, practice, context, and characteristics. *BPTrends*, Febriary, 2007.

V. Bruce, P. Green, and M. Georgeson. *Visual perception: Physiology, psychology and ecology.* Taylor and Francis, 4 edition, 2003.

E. Brunelle. The moderating role of cognitive fit in consumer channel preference. *Journal of Electronic Commerce Research*, 10(3):178–195, 2009.

F Bry, M. Eckert, P. Patranjan, and I. Romanenko. Realizing business processes with eca rules: Benefits, challenges, limits. In *Principles and Practice of Semantic Web Reasoning*, volume 4187, pages 48–62. Springer, Berlin / Heidelberg, 2006.

J.A. Bubenko and B. Wangler. Objectives driven capture of business rules and of information systems requirements. In *Systems, Man and Cybernetics, 1993. 'Systems Engineering in the Service of Humans', Conference Proceedings., International Conference on*, volume 1, pages 670–677, 1993.

B. Buechel and V. Buskens. The dynamics of closeness and betweenness. Technical report, Unviversität Bielefeld, 2008.

R.A. Burkhard. Impulse: Using knowledge visualization in business process oriented knowledge infrastructures. *Journal of Universal Knowledge Management*, (2):170–188, 2005.

R.S. Burt. *Toward a Structural Theory of Action: Network Models of Social Structure, Perception, and Action.* Academic Press, New York, 1982.

BusinessProcessManagementInitiative. Business process management notation (bpmn), version 1.0, 2004. URL `http://www.bpmn.org/Documents/BPMN_V1-0_May_3_2004.pdf`.

BusinessRuleGroup. The business rules group. defining business rules - what are they really?

G. Canfora, F. Garcia, M. Piattini, F. Ruiz, and C.A. Visaggio. Family of experiments to validate metrics for software process models. *Journal of Systems and Software*, 77: 113–129, 2005.

S.K. Card, J.D. Mackinlay, and B. Schneiderman. *Information Visualization, Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1999.

J. Cardoso. Evaluating workflows and web process complexity. In L. Fischer, editor, *Workflow Handbook*. Future Strategies Inc.„ Lighthouse Point, FL,USA, 2005a.

J. Cardoso. How to measure the control flow complexity of web processes and workflows. In L. Fischer, editor, *Workflow Handbook*, pages 199–212. Future Strategies Inc., 2005b.

J. Cardoso. Process control-flow complexity metric: An empirical validation. In *Services Computing*, pages 167–173. IEEE, 2006.

J. Cardoso, J. Mendling, J. Neuman, and H.A. Reijers. A discourse on complexity of process models. In J. Eder and S. et al Dustdar, editors, *BPM 2006 workshops*, volume 4103, pages 115–126. Springer, 2006.

D. O. Case. *Looking for information: a survey of research on information seeking, needs, and behavior*. Emerald Group Publishing, 1. edition, 2007.

K. M. Chandy and W. R. Schulte. *Event processing: Designin IT-Systems for Agile Companies*. McGraw Hill, 2010.

C. Chen. Information visualization. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(July /August):387–404, 2010.

P. Chen. The entity-relationship-model - toward a unified view of data. *ACM Transactions and Database Systems*, 1:9–36, 1976.

Tsai W. Joiner J. Gandamaneni H. Sun J. Chen, X. Automatic variable classification for cobol programs. In *Computer Software and Applications Conference*, pages 432–437, 1994.

E. H. Chi, J. Pitkow, J. Mackinlay, P. Pirolli, R. Gossweiler, and C.K. Stuart. Visualizing the evolution of web ecologies. In *ACM Conference on Human Factors in Computer Systems, CHI'98*, pages 400–407, Los Angeles, 1998. ACMPress/Addison-Wesley.

S.D. Conte, H.E. Dunsmore, and V.Y. Shen. *Software Engineering Metrics and Models*. Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1986.

G. Corsi. Konflikt. In Elena Esposito Claudio Baraldi, Giancarlo Corsi, editor, *GLU: Glossar zu Niklas Luihmanns Theorie Sozialer Systeme*, pages 97–99. Suhrkamp, 1997.

A. Crosby. *The Measure of Reality: Quantification and Western Society*. Cambridge University Press, 1997.

F. Dabek, N. Zeldovich, F. Kaashoek, D. Mazières, and R. Morris. Event-driven programming for robust software, 2002.

F. Danes. One instance of prague school methodology: Functional analysis of utterance and text. In Paul L. Garvin, editor, *Method and Theory in Linguistics*, pages 132–146. Mouton, The Hague, 1970.

M. Daneva, R. Heib, and A.-W. Scheer. Benchmarking business process models. Technical Report 136, Institute for Information Systems. University of the Saarland, Germany, 1996.

T.H. Davenport and J.E. Short. The new industrial engineering: information technology and business process redesign. *Sloan Management Review*, 31(4):11–27, 1990.

Th. H. Davenport. *Process Innovation: Reengineering Work through information technology.* Harvard Business School Publishing, Boston, 1993.

D. Davidson. *Essays on Actions and Events.* Oxford University Press, 1980.

D. Davidson. *Actions and Events: Perspectives on the Philosophy*, chapter Reply to Quine on Events, pages 172–176. Oxford: Basil Blackwell, 1985.

G. Decker, A. Grosskopf, and A. Barros. A graphical notation for modeling complex events in business processes. In *Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2007).* IEEE, 2007.

D. Dekker, P.H. Franses, and D. Krackhardt. An equilibrium-correction model for dynamic network data. *Journal of Mathematical Sociology*, 27:193–215, 2003.

T. DeMarco. *Structured Analysis and System Specification.* Prentice Hall, 1979.

G. Dern. *Management von IT-Architekturen.* Vieweg, 2003.

R. L. Derr. A conceptual analysis of information need. *lnformation Processing and Management*, 19(5):213–278, 1983.

DeutscheGesellschaftQualitäteV. *Kennzahlen für erfolgreiches Management von Organisationen.* Number 14-24 in DGQ-Band. Beuth, Berlin, 1999.

P. Doreian and F.N. Stokman. The dynamics and evolution of social networks. In P; Stokman F.N. Doreian, editor, *Evolution of Social Networks*, pages 1–17. Gordon and Breach, Amsterdam, 1997.

D. Dreyfus and B. Iyer. Managing architectural emergence: A conceptual model and simulation. *Decision Support Systems*, 46:115–127, 2008.

R. Dubin. *Theory building.* The Free Press, New York, 1978.

Duden. *Duden - Deutsches Universalwörterbuch.* Dudenverlag, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, 2007.

J. Dunkel, A. Eberhart, A. Fischer, C. Kleiner, and A. Koschel. *Systemarchitekturen für verteilte Anwendungen.* Hanser, 2008.

J. H. Dyer. Specialized supplier networks as a source of competitive advantage: Evidence from the automotive. *Strategic Management Journal*, 17(4):271–291, 1996.

European Association of Business Process Management EABPM. Business process management, 2009.

T. V. Eijndhoven, M. Iacob, and M. L. Ponisio. Achieving business process flexibility with business rules. In *IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference*, pages 95–104, 2008.

L. Ekenberg and P. Johannesson. A formal basis for dynamic schema integration. In *Conceptual Modeling- ER '96*, pages 211–226, 1996.

M. El Kharbili and N. Stojanovic. Semantic event-based decision management in compliance management for business processes. In *AAAI Spring Symposia*, Standford, California, 2009. AAAI Press.

F. Engelmann and C. Großmann. Was wissen wir über information? In *Daten- und Informationsqualität*, pages 3–24. Springer, Berlin/Heidelberg, 2008.

P. Erdös and A. Rényi. On the evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Science*, 5, 1960.

H. Esser, K. Klenovits, and H. Zehnpfenning. *Wissenschaftstheorie*, volume 1. Stuttgart, 1977.

A. Etien and C. Rolland. Measuring the fitness relationship. *Requirements Engineering*, 10(3):184–197, 2005.

A. Fairchild. Knowledge management metrics via a balanced scorecard methodology. In *35th Annual Hawaii International Conference*, pages 3173–3180, Hawaii, 2002.

N. E. Fenton and S.L. Pfleeger. *Software Metrics. A Rigorous and Practical Approach.* PWS, Boston, 2 edition, 1997.

O.K. Ferstl and E.J. Sinz. Geschäftsprozeßmodellierung. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 35(6):589–592, 1993.

P. Fettke and P. Loos. Entwicklung eines bezugsrahmens zur evaluierung von referenzmodellen - langfassung eines beitrages. Technical report, Universität Mainz, 2004.

G. Fischermanns. *Praxishandbuch ProzessManagement.* Wettenberg: Schmidt, 2008.

S.D. Francisci, O. Günther, H.-J. Lenz, M. Lenzerini, and A. Shoshani. Olap and data warehousing in statistical databases (panel). In *Proceedings of the 10th International Conference on Scientific and Statistical Database Management*, page 167, 1998.

H. Frank, A. Bobrik, and N. Haarländer. Vorgehensmodell. In *Systemanalyse im Unternehmen*, page 135ff. Oldenbourg, Oldenburg, 5. edition, 2007.

O. Frank. *Models and methods in social network analysis*, chapter Network Sampling and Model Fitting, pages 31–56. Cambridge University Pres, 2005.

U. Frank. Evaluation von artefakten in der wirtschaftsinformatik. In Häntschel I. Heinrich, L.J., editor, *Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik*, pages 35–48. Oldenbourg, München, 2000.

L. Freeman. Visualizing social networks. *Journal of Social Structure*, 1(1), 2000.

L. Freeman. Graphic techniques for exploring social network data. In J. Scott P.J. Carrington and S. Wasserman, editors, *Models and methods in social network analysis*, pages 248–269. Cambridge University Press., New York:, 2005.

L. C. Freeman. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1 (3):215–239, 1978.

F. X. Frei, R. Kalakota, A.J. Leone, and L.M. Marx. Process variation as a determinant of bank performance: evidence from the retail banking study. *Management Science*, 45 (9):1210–20, 1999.

A. P. French. *Special Relativity.* MIT Introductory Physics Series. CRC Press, 1968.

J. Freund, B. Rücker, and Th. Henninger. *Praxishandbuch BPMN 2.0.* Hanser, 2. edition, 2010.

A. Gadatsch. *Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker.* Vieweg+Teubner, 5. edition, 2007.

M. Gaitanides, R. Scholz, and A. Vrohlings. *Prozessmanagement. Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen.* Hanser Fachbuch, 1994.

L. Garton, C. Haythornthwaite, and B. Wellman. Studying online social networks. *Journal of Computer Mediated Communication*, 3(1), 1997.

M. Gell-Mann. *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex.* St. Martin's Griffin, 1995.

M. Girvan and M.E.J. Newman. Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 7821 –7826, 2002.

S. Goedertier, R. Haesen, and R. Vanthienen. Rule-based business process modelling and enactment. *Inernational Journal of Business Process Integration and Management.*, 3 (3):194–207, 2008.

T. Goesmann and M. Hoffmann. Unterstützung wissensintensiver geschäftsprozesse durch wfms. In Schlichter J. Reichwald, R., editor, *Verteiltes Arbeiten-Arbeiten der Zukunft.*, pages 139–152. D-CSCW, 2000.

G.A. Gorry and S. Morton. A framework for management information systems. *Sloan Management review*, 13(1):50–70, 1971.

E. Gottesdiener. Harvesting business rules in workshops. *DataToKnowledge Newletter (now Business Rules Journal)*, 27(2), 1999.

T. Graml, R. Bracht, and M. Spies. Patterns of business rules to enable agile business processes. In *11th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference*, page 365, 2007.

S. Gregor. The nature of theory in information systems. *MIS Quarterly*, 30(3):611–642, 2006.

S. Gregor. Building theory in the sciences of the artificial. In *DESRIST09*, Philadelphia, 2009.

G. Grinstein and M. Ward. Introduction to data visualization. *IEEE Visualization Tutorial*, 1997.

Object Management Group. The zachman framework and the omg's model driven architechture. business process trends. White paper, 2003.

Object Management Group. Unified modeling language, January 2011.

V. Gruhn and R. Laue. What business process modelers can learn from programmers. *Science of Computer Programming*, 65(1):4–13, 2007.

B. Grupp. *Integrierte Datenverarbeitung in der Praxis*, volume 41, chapter Methoden der Istaufnahme und Problemanalyse, Arbeitstechniken für Mitarbeiter in EDV- und Büroprojekten, page 89. 1987.

A. S. Guceglioglu and O. Demirors. Using software quality characteristics to measure business process quality. In *Business Process Management*, pages 374–379. Springer, Berlin / Heidelberg, 2005.

M. Hammer. *Beyond Reengineering: How the Process-Centered Organization Is Changing Our Lives*. HarperBusiness, New York, NY, 1996.

M. Hammer and J. Champy. What is reengineering? *Information WEEK*, pages 10–24, 1992.

M. Hammer and J. Champy. *Reengineering the Cooperation: A Manifesto for Business Revolution*. Harper Collins Publisher, New York, 1993a.

M. Hammer and J. Champy. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. HarperBusiness, New York, NY, 1st edition, 1993b.

M. Handel and S. Poltrock. Models of collaboration as the foundation for collaboration technologies. *Journal of Management Information Systems*, 27(1):97–122, 2010.

F. Harary. *Graph Theory*. Eddison Wesley, Reading, MA., 1969.

H.J. Harringten. *Business Process Improvement- The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. McGraw-Hill, Inc., New York et al., 1991.

M. F. A. Harrison. The determination of atomic collision cross sections using crossed electron and ion beams (and some sources of error in such experiments). *British Journal of Applied Physics*, 17, 1966.

R. V. L. Hartley. Transmission of information. *Bell System Technical Journal*, pages 535–564, 1928.

J. R. Hauser and D. Clausing. The house of quality. *Harvard Business Review*, (May/June):63–75, 1988.

C. Haythornthwaite. Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library for Information Science Research*, 18(4):323–342, 1996.

H. Heilmann. Workflow management. integration von organisation und informationsverarbeitung. *1994*, 176:8–21, 1994.

P. Heine. *Unternehmensweite Datenintegration*. Teubner, Leipzig, 1999.

L. J. Heinrich. *Wirtschaftsinformatik*. Oldenburg, München Wien, 1 edition, 1993.

L. J. Heinrich. Bedeutung von evaluation und evaluationsforschung für die wirtschaftsinformatik. In Häntschel I. Heinrich, L.J., editor, *Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik*, pages 7–22. Oldenbourg, München, 2000.

L. J. Heinrich. Wirtschaftsinformatik. In L.J. Heinrich, editor, *Wirtschaftsinformatik: Einführung und Grundlegung*, page 15 ff. München und Wien, 2001.

S. Henry and D. Kafura. Software structure metrics based on information flow. *IEEE Transactions On Software Engineering*, 7(5):510–518, 1981.

H. Herbst. A meta-model for business rules in systems analysis. In *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin/Heidelberg, 1995.

H. Herbst, G. Knollmayer, T. Myrach, and M. Schlesinger. The specification of business rules: A comparison of selected methodologies. In A.A. Verijn-Stuart Olle and T.-W., editors, *Methods and Associated Tools for the Information System Life Cycle*. Elsevier, 1994.

A. R. Hevner. Design research - rigorous and relevant, 2007.

A.R. Hevner, S.T. March, J. Park, and S. Ram. Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1):75–105, 2004.

K. Hänsch and M. Endig. *Instandhaltung technischer Systeme*, chapter Informationsmanagement in der Instandhaltung. Springer, 2010.

O. Holschke, J. Rake, P. Offermann, and U. Bub. Improving software flexibility for business process changes. *Business Information Systems Engineering*, 2(1):3–13, 2010.

B. Holzer. Netzwerkanalyse. In Strodtholz-P. Taffertshofer A.. Kühl, S., editor, *Handbuch Methoden der Organisationsforschung*, pages 668–695. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2009.

S. Horwitz, T. Reps, and D. Binkley. Interprocedural slicing using dependence graphs. *ACM TOPLANS*, 12(1):26–60, 1990.

C. Houy, P. Fettke, and P. Loos. Empirical research in business process management. analysis of an emerging field of research. *Business Process Management Journal*, 16 (4):619–661, 2010.

H. Huang, W.T. Tsai, S. Bhattacharya, X. P. Chen, Y. Wang, and J Sun. Business rule extraction from legacy code. In *IEEE 20th Computer software and Applications Conference*, pages 162– 167, 1996.

Z. Huang, H. Chen, F. Guo, J.J. Xu, S. Wu, and W.-H. Chen. Expertise visualization: An implementation and study based on cognitive fit theory. *Decision Support Systems*, 42:1539–1557, 2006.

M.-L. Huotari and T.D. Wilson. Determining organizational information needs: the critical success factors approach. *Information Research*, 6(3), 2001.

Z. Irani, A. M. Sharif, and P. E. D. Love. Transforming failure into success through organisational learning: an analysis of a manufacturing information. *European Journal of Information Systems*, 10:55–66, 2001.

K. Ishikawa. *Introduction to Quality Control.* Productivity Press, 1. edition, 1990.

C. D. Ittner and D.F. Larcker. The performance effects of process management techniques. *Management Science*, 43(4):522–33, 1997.

P. Jackson. *Introduction To Expert Systems.* Addison Wesley, 3 edition, 1998.

J. Jacoby, D. E. Speller, and C. A. Kohn. Brand choice behavior as a function of information load. *Journal of Marketing Research*, 11:63–69, 1974a.

J. Jacoby, D. E. Speller, and C. A. Kohn. Brand choice behavior as a function of information load replication and extension. *Journal of Consumer Research*, 1(June):33–41, 1974b.

M. Jamali and H. Abolhassani. Different aspects of social network analysis. In *2006 IEEEWICIACM International Conference on Web Intelligence.* IEEE, 2006.

D. Jansen. *Einführung in die Netzwerkanalyse.* Opladen, 2003.

H. Kan, S. *Metrics and Models in Software Quality Engineering.* Addison-Wesley, 2 edition, 2002.

R. S. Kaplan and D. P. Norton. The balanced scorecard - measures that drive perfomance. *Harvard Business Review*, Jan-Feb:69–79, 1992.

L. Katz and J. H. Powell. Probability distributions of random variables associated with structure of the sample space of sociometric investigation. *Annals of Mathematical Statistics*, 28:442–448, 1957.

P. Keen and M.S. Morton. *Decision support systems: an organizational perspective.* Addison-Wesley, Reading, MA, 1978.

K. L. Keller and R. Staelin. Effects of quality and quantity of information on decision effectiveness. *Journal of Consumer Research*, 14(September):200–213, 1987.

W. J. Kettinger and J.T.C. Teng. Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools. *MIS Quarterly*, 21(1):55–80, 1997.

W. Khlif, L. Makni, N. Zaaboub, and H. Ben-Abdallah. Quality metrics for business process modeling, 2009.

W. Khlif, N. Zaaboub, and H. Ben-Abdallah. Coupling metrics for business process modeling. *WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS*, 9(1):31–42, 2010.

D. E. Kieras and D. E. Meyer. An overview of the epic architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 12:391–438, 1997.

J. Kim. *Physicalism, or Something Near Enough.* Princeton University Press, 2005.

J. Kirsten. *Netzwerke zwischen Wissenschaft und Technik. Eine Analyse am Bespiel der deutschen Tissue-Engineering-Industrie.* DUV Gabler Verlag, 2007.

C. Kiss and M. Bichler. Identiciation of influencers-measuring influence in customer networks. *Decision Support Systems*, 46(1):233–253, 2008.

G. Knolmayer, R. Endl, M. Pfahrer, and M. Schlesinger. Geschäftsregeln als instrument zur modellierung von geschäftsprozessen und workflows. Technical report, Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Bern„ 1997.

R. K. L. Ko. A computer scientist's introductory guide to business process management (bpm). *ACM-Crossroads*, 15:11–18, 2009.

D. Koreimann. *Methoden der Informationsbedarfsanalyse.* De Gruyter, Berlin, 1976.

B. Korherr and B. List. Extending the epc and the bpmn with business process goals and performance measures. In *ICEIS 07 - 9th International Conference on Enterprise Information Systems*, Madeira, Portugal, 2007. ACM.

H. Krallmann, F. Helmut, and N. Gronau. *Systemanalyse im Unternehmen : Vorgehensmodelle, Modellierungsverfahren und Gestaltungsoptionen.* Oldenbourg, 4. auflage edition, 2002.

R. Kramer. *Information Und Kommunikation Betriebswirtschaftliche Bedeutung Und Einordnung in Der Organisation Der Unternehmung: betriebswirtschaftliche Bedeutung und Einordnung in der Organisation der Unternehmung*. PhD thesis, Universität Mannheim, 1962.

L. Krempel. *Visualisierung komplexer Strukturen - Grundlagen der Darstellung mehrdimensionaler Netzwerke*. Campus, Frankfurt, 2005.

H. Kromrey. *Empirische Sozialforschung*. Lucius and Lucius, 12. edition, 2009.

P. Kueng and P. Kawalek. Goal-based business process models: creation and evaluation. *Business Process Management Journal*, 3(1):17–38, 1997.

J. H. Larkin and H. A. Simon. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11:64–100, 1987.

R. Latham. *The dictionary of computer graphics and virtual reality*. Springer, New York, 2 edition, 1995.

A.M. Latva-Koivisto. Finding a complexity for business process models. Technical report, Helsinki University of Technology, 2001.

G. S. Lee and J. M. Yoon. An empirical study on the complexity metrics of petri nets. *Microelectronics and Reliability*, 32(3):323–329, 1992.

J. Lehn and H. Wegmann. *Einführung in die Statistik*. Teubner, 2006.

H. J. Lercher. *Wertanalyse an Informationssystemen*. DUV, Wiesbaden, 2000.

O. Levina. Bearing the challenge of multidisciplinarity by business rules- based system analysis. In *Computer Society Proceedings of the Third International Conference on Research Challenges in Information Science, 2009*, Fez, Morocco, 2009. IEEE.

O. Levina. Design of decision service using cause-and-effect business process analysis. *Computer Science- Scientific Journal of Riga Technical University*, 46:19–27, 2011a.

O. Levina. Informationsintensive prozesse: Identifikation und management mit der netzwerkanalyse. In *GWS Tagung (in Druck)*, 2011b.

O. Levina and R. Hillmann. Network-based business process analysis. In *45th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2012.

O. Levina and O. Holschke. Reusable decision models supporting organizational design in business process management. In *IEEE First International Conference on Business Intelligence and Technology*, 2011.

O. Levina and V. Stantchev. Realising event-driven soa. In *Internet and Web Applications and Services, 2009. ICIW '09*, pages 37 – 42. IEEE, May, 2009 2009.

O. Levina, O. Holschke, and J. Rake-Revelant. Extracting business logic from business process models. In *IEEE Information Management and Engineering (ICIME)*, 2010a.

O. Levina, A. Kubicki, O. Holschke, and J. Rake-Revelant. Exploring the impact of business rules consideration on processes in e-business. In *2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering*, 2010b.

C. Lewis. A source of competitive advantage. *Management and Accounting*, 71(1):44–46, 1993.

J. Li, Y. Fan, and M. Zhou. Performance modelling and analysis of workflow. *IEEE Transaction on: Systems, Man and Cybernetics, Part A*, 34(2):229–242, 2004.

B. List and B. Korherr. An evaluation of conceptual business process modelling languages. In *Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied computing - SAC '06*, page 1532, 2006.

U. Lämmel, A. Beifert, M. Brätz, S. Brandenburg, M. Buse, Ch. Höhn, G. Mannheimer, M. Rehfeld, A. Richter, and S. Wissuwa. Business rules- die wissensverarbeitung erreicht die betriebswirtschaft einsatzmöglichkeiten und marktübersicht. Technical report, Hochschule Wismar, 2007.

D. Luckham and R. Schulte. Event processing glossary - version 1.1. Technical report, Event Processing Technical Society, 2008.

D. C. Luckham and B. Frasca. Complex event processing in distributed systems. Technical report, Stanford University, 1998.

N. H. Lurie. Decision making in information-rich environments: The role of information structure. *The Journal of Consumer Research*, 30(4):473–486, 2004.

N. K. Malhotra. Information load and consumer decisionmaking. *Journal of Consumer Research*, 8(March):419–430, 1982.

T. H. Malone and K. Crowston. The interdisciplinary study of coordination. *ACM Computing Surveys*, 26(1):87–119, 1994.

M. Mandelbaum. *Flexibility in Decision Making: An Exploration and Unification.* PhD thesis, University of Toronto, 1978.

R. Mankel. Pattern recognition and event reconstruction in particle physics experiments. *Institute Of Physics Publishing Reports On Progress In Physics Rep. Prog. Phys.*, 67, 2004.

J. Martens. *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows.* Oldenbourg, Oldenburg, 2003.

A. Martinez, Y. Dimitriadis, B. Rubia, E. Gómez, and P. de la Fuente. Combining qualitative evaluation and social network analysis for the study of classroom social interactions. *Computers and Education*, 41:353–368, 2003.

D. Masak. *SOA?: Serviceorientierung in Business und Software*. Springer, 1. edition, 2009.

G. Maurer. Von der prozessorientierung zum workflow management. teil 1: Prozessorientierung - grundgedanken, kernelemente, kritik. Technical report, Lehrstuhl für Allg. BWL und Wirtschaftsinformatik, Johannes Gutenberg-Universität (Mainz), 1996a.

G. Maurer. Von der prozessorientierung zum workflow management. teil 2: Prozessmanagement, workflow management, workflow-management-systeme. Technical report, Lehrstuhl für Allg. BWL und Wirtschaftsinformatik, Johannes Gutenberg-Universität, 1996b.

J. H. Mayer. *Führungsinformationssysteme für die internationale Management-Holding*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1999.

P. McBrien and A. H. Selveit. Coupling process models and business rules. In *IFIP WG8.1 Working Conference: Information System Development for Decentralised Organisations*, Trondheim, Norway, 1995. Chapman Hall.

T. J. McCabe. A complexity measure. *IEEE Transaction in Software Engineering*, 2(4): 308 – 320, 1976.

K. McCormack. Business process orientation: Do you have it? *Quality Progress*, 34(1): 51, 2001.

K. McCormack and W. Johnson. *Business Process Orientation: Gaining the E-Business Competitive Advantage*. St Lucie Press, Delray Beach, FL, 2000.

J. McGovern, O. Sims, A. Jain, and M. Little. *Enterprise service oriented architectures: concepts, challenges, recommendations*. Springer, Berlin, 2006.

J. Melcher and D. Seese. *Process Measurement: Insights from Software Measurement on Measuring Process Complexity, Quality and Performance*. Fakultät für Wirtschaftswissenschaften (Fak. f. Wirtschaftswiss.) Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB), Karlsruhe, 2008.

J. Mendling. *Detection and Prediction of Errors in EPC Business Process Models*. PhD thesis, Vienna University of Economics and Business Administration (WU Wien), 2007.

J. Mendling. *Metrics for Process Models*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.

J. Mendling, M. Moser, G. Neumann, H. M. W. Verbeek, B. F. van Dongen, and W. M. P. van der Aalst. A quantitative analysis of faulty epcs in the sap reference model. Technical report, 2006.

J. Mendling, G. Neumann, and W. V. D. Aalst. Understanding the occurrence of errors in process models based on metrics. In *OTM Confederated international conference on On the move to meaningful internet systems: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS*, volume Part I, pages 113–130, Vilamoura, Portugal, 2007. Springer.

J. Mendling, H. Reijers, and W. van der Aalst. Seven process modeling guidelines (7pmg). *Information and Software Technology*, 52(2):127–136, 2010.

U. B. Meyer, S. E. Creux, and Weber M. A. K. *Graphische Methoden der Prozessanalyse. Für Design und Optimierung von Produktionssystemen.* Carl Hanser Verlag, 2005.

B. Michelson. Event-driven architecture overview- event-driven soa is just part of the eda story. Technical report, Patricia Seybold Group, 2006.

M. Mircea and A. Andreescu. Using business rules in business intelligence. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 4(3):382–394, 2009.

A. Mislove, M. Marcon, K. P. Gummadi, P. Druschel, and B. Bhattacharjee. Measurement and analysis of online social networks. In *7th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement*, pages 29–42, San Diego, California, USA, 2007. ACM.

S. Morasca. Measuring attributes of concurrent software specifications in petri nets. In *METRICS '99: Proceedings of the 6th International Symposium on Software Metrics*, pages 100–110, Washington, DC, USA, 1999. IEEE Computer Society.

L. Moreno, J. *Who Shall Survive? Foundations of Sociometry, Group Psychotherapy and Sociodrama.* Beacon House, New York, 2 edition, 1953.

T. Morgan. *Business Rules and Information Systems.* Management Information Systems. Addison- Wesley, 2002.

A. Motsch. *Entscheidung bei partieller Information.* Wiesbaden, 1995.

J. Muntermann. *Event-Driven Mobile Financial Information Services. Design of an Intraday Decision Support System.* Gabler, Frankfurt, 2007.

J. Nahapiet and S. Ghoshal. Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review*, 23(2):242–266, 1998.

A. Newell and H. A. Simon. *Human Problem Solving.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.

B. Niehaves. *The Reflective Designer - Designing IT-Consulting Processes.* PhD thesis, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2006.

M. E. Nissen. Valuing it through virtual process measurement, 1994.

M. E. Nissen. Redesigning reengineering through measurement-driven inference. *MIS Quarterly*, 22(4):509–534, 1998.

J. J. Odell and J. Martin. *Objektorientierte Modellierung mit UML Das Fundament.* Prentice Hall, 1999.

P. Offermann, S. Blom, O. Levina, and U. Bub. Vorschlag für komponenten von methodendesigntheorien. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 52(5):287–297, 2010.

K. Okamoto, W. Chen, and X.-Y. Li. *Frontiers in Algorithmics*, chapter Ranking of Closeness Centrality for Large-Scale Social Networks, pages 186–195. Springer, 2008.

C. Oliver. *The Institutional Embeddedness of Economic Activity.* Advances in Strategic Management. JAI Press, Greenwich, CT, j.a.c. baum and j.e. dutton edition, 1996.

J. R. Olson and H.H. Rueter. Extracting expertise from experts: Methods for knowledge acquisition. *Expert Systems*, 4(3):152–168, 1987.

D. Ortiz-Arroyo and D. Hussain. An information theory approach to identify sets of key players. In *Intelligence and Security Informatics*, volume 5376, pages 15–26. Springer, 2008.

M. Osterloh and J. Frost. *Prozessmanagement als Kernkompetenz.* Dr. Th. Gabler, 3. edition, 2006.

S. Palthepu, J. E. Greer, and G. I. McCalla. Cliché recognition in legacy software: a scalable, knowledge-based approach. In *4th IEEE Working Conference on Reverse Engineering*, pages 94–103, 1997.

K. Park and A. Yilmaz. A social network analysis approach to analyze road networks. In *ASPRS*, 2010.

A. Pasckert. *Zukunftsfähige Wertschöpfungskreisläufe.* Schmidt Erich Verlag, Hamburg, 1. edition, 1997.

N.W. Paton and O. Dìaz. Active database systems. *ACM Computer Survey*, 31:63–103, 1999.

S. Paul and A. Prakash. A query algebra for program databases. *IEEE Transaction in Software Engineering*, 22(3):202–216, 1996.

J. W. Payne, J.R. Bettman, and E. J. Johnson. Adaptive strategy selection in decision making. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14 (July):534–552, 1988.

F. Perrin, O.and F. Wynen, J. Bitcheva, and C. Godart. [a model to support collaborative work in virtual enterprises. In *Business Process Management,*, page 1020, 2003.

O. Perrin and C. Godart. A model to support collaborative work in virtual enterprises. *Data and Knowledge Engineering*, 50:63–86, 2004.

C. A. Petri. *Kommunikation mit Automaten.* PhD thesis, Institut für instrumentelle Mathematik Universität Bonn, 1962.

J. Pfeffer. Visualisierung sozialer netzwerke. In *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie*, pages 227–238. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008.

A. Picot and P. Rohrbach. Organisatorische aspekte von workflow-management-systemen. *Information Management*, 1, 1995.

A. Picot, R. Reichwald, and R. T. Wigand. *Die grenzenlose Unternehmung.* Gabler, Wiesbaden, 2. edition, 1996.

S. Pinker. *A theory of graph comprehension.* AI and the Future of Testing. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1991.

N. Pisano. Technical performance measurement, earned value, and risk management: An integrated diagnostic tool for program management, 1996.

A. Ponse and B.J. van der Zwaag. An introduction to program and thread algebra. In *Logical Approaches to Computational Barriers*, pages 445–458. Springer, Berlin/Heidelberg, 2006.

K. R. Popper. *Logik der Forschung.* Tübingen, 1971 bzw. 1994.

M. E. Porter. *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance.* Free Press, New York, NY, 1985.

C. K. Prahalad and G. Hamel. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68:79–91, 1990.

L. Priese and H. Wimmel. *Petri-Netze.* eXamen.press. Springer, 2. edition, 2008.

F. Puhlmann. *On the Application of a Theory for Mobile Systems to Business Process Management.* PhD thesis, Hasso Plattner Institute, University of Potsdam, 2007.

M. Purvis, M. Purvis, and S. Lemalu. A framework for distributed workflow systems. In *Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2001.

R. Radner. The organization of decentralized information processing. *Econometrica*, 61 (5):1109–1146, 1993.

H. Reijers, M. Song, and B. Jeong. Analysis of a collaborative workflow process with distributed actors. *Information Systems Frontiers*, 11(3):307–322, 2009.

H. A. Reijers and I.T. Vanderfeesten. Cohesion and coupling metrics for workflow process design. In *Business Process Management*, volume 3080, pages 290–305. Springer, Berlin / Heidelberg, 2004.

W. Reisig, K. Schmidt, and Chr. Stahl. Verteilte geschäftsprozesse modellieren und analysieren. Technical report, Humboldt-Universität zu Berlin, 2005.

Chr. Riege, J. Saat, and T. Bucher. Systematisierung von evaluationsmethoden in der gestaltungsorientierten wirtschaftsinformatik. In und B. Niehaves J. Becker, H. Krcmar, editor, *Wissenschaftstheorie und gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik*, page 69ff. Physica-Verlag HD, Heidelberg, 2009.

G. Robins, P. Pattison, and S. Wasserman. Logit models and logistic regressions for social networks. *Psychometrika*, 64(November):371–394, 1999.

M. Rosemann, J. Recker, M. Indulska, and P. Green. A study of the evolution of the representational capabilities of process modeling grammars. *Advanced Information Systems Engineering*, 4001(2006):447–461, 2006.

R. Ross. *Principles of the Business Rule Approach.* Management Information Systems. Addison- Wesley, 2003.

A. Rozinat and W. van der Aalst. Decision mining in prom. In *Business Process Management*, pages 420–425. Springer, 2006.

D.L. Rulke and J. Galaskiewicz. Distribution of knowledge, group network structure and group performance. management science. *46*, 5:612–625, 2000.

B. Rumpe. *Modellierung mit UML: Sprache, Konzepte und Methodik.* Springer, 2004.

K. Sachs-Hombach. *Bildwissenschaft. Disziplinen, Themen, Methoden.* Suhrkamp, Frankfurt/M., 2005.

R. L. Sandefur and E. 0. Laumann. A paradigm for social capital. *Rationality and Society*, 10(4):481, 1988.

M. Schacher and P. Grässle. *Agile Unternehmen durch Business Rules Ansatz.* Xpert. press Series. Springer, 2006.

A.-W. Scheer. *ARIS - Business Process Modeling.* Springer, 3rd edition, 1999.

A.-W. Scheer. *BPM = Business Process Management = Business Performance Management.* IDS Scheer AG, Saarbrücken, 2008.

M. Schenk. *Instandhaltung Technischer Systeme.* Springer, 2010.

H. J. Schmelzer and W. Sesselmann. *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis.* Hanser Fachbuchverlag, 4. edition, 2006.

R. Schmidt. Flexible support of inter-organizational business processes using web services. In *CAiSE'05 Workshop*, pages 51–58, 2005.

T. Schoberth and G. Schrott. Virtual communities. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 43 (5):517–519, 2001.

R. Schulmeister. *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme- Theorie, Didaktik, Design.* Oldenburg, 4. auflage edition, 2007.

R. Schulte and Y. Natis. Event-driven architecture complements soa, August, 2009 2003.

A. Schwegmann and M. Laske. *Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorentierten Organisationsgestaltung*, chapter Istmodellierung und Istanalyse. Springer, 2000.

A.C. Schwickert and K. Fischer. Der geschäftsprozess als formaler prozess- definition, eigenschaften und arten. Technical report, Lehrstuhl für Allg. BWL und Wirtschaftsinformatik, Johannes Gutenberg-Universität, 1996.

J. Scott. *Social network analysis: a handbook.* SAGE, 1991.

F. Seagull and N. Walker. The effects of hierarchy structure and visualization ability on computerized information retrieval. *International Journal of Human Computer Interaction*, 4:369–385, 1992.

A. Sen, B. H. Shen, L. Zhou, and B. Hao. Fault-tolerance in sensor networks: A new evaluation metric. In *INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications*, pages 1–12. IEEE, 2006.

A. K. Sethi and S. P. Sethi. Flexibility in manufacturing: a survey. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 2:289–328, 1990.

P. Sgall, E. Hajicova, and J. Panevova. *The meaning of the Sentence in Its Semantic and Pragmatic Aspects.* kluwer, Prague and Dordrecht, 1986.

T.M. Shaft and I. Vessey. The role of cognitive fit in the relationship between software comprehension and modification. *MIS Quarterly*, 30(1):29–55, 2006.

C. E. Shannon. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(July-October):379–423, 623–656, 1948.

C. E. Shannon and W. Weaver. *The mathematical theory of communication.* University of Illinois Press, Urbana, 1972.

J. Shao and C. Pound. Extracting business rules from information systems. *BT Technology Journal*, 17:179–187, 1999.

J. Shao, S.M. Embury, G. Fu, X. Liu, and W.A. Gray. Unlocking business rules for maintaining information systems. pages 17–30, 1st Intemational Workshop on Database Maintenance and Re-engineering, 2002.

W. A. Shewhart. *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control.* Dover Publications Inc., New York, 1986.

K. Siau and M. Rossi. Evaluation of information modeling methods - a review. In Jr. Sprague, R.H., editor, *31st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 31)*, pages 314–323, Los Alamitos, 1998. IEEE Computer Society.

H.A. Simon. *The new sciences of Management Decision.* Harper and Row, NewYork, USA, 1960.

J. Sinur. Rules: Adding intelligence to the enterprise architecture. Technical report, Gartner, 2007.

H. M. Sneed and K. Erdos. Extracting business rules from source code. In *IEEE 4th International Workshop on Program Comprehension*, pages 240–247, 1996.

P. T. A. Snijders and P. E. Pattison. New specifications for exponential random graph models. Technical report, Center for Statistics and the Social Sciences University of Washington, 2004.

P. Soffer. On the notion of flexibility in business processes. In *CAiSE'05 Workshop*, pages 35–42, 2005.

M. Song and W. M. van der Aalst. Towards comprehensive support for organizational mining. *Decision Support Systems*, 46(1):300–317, 2008.

H. Stachowiak. *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, 1973.

V. Stantchev. *Bereitstellen von Informationssystemen - Auswahl und Eigenentwicklung*. Oldenbourg, 2007.

J. Staud. *Geschäftsprozessanalyse*. Springer, 3. edition, 2006.

H. Steinmann and G. Schreyögg. *Management, Grundlagen der Unternehmensführung, Konzepte-Funktionen-Fallstudien*. Gabler, 6. edition, 2005.

E. Stickel. *Informationsmanagement*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, Oldenburg, 2001.

B. Strauch. *Entwicklung einer Methode für die Informationsbedarfsanalyse im Data Warehousing*. Dissertation, Universität St. Gallen, 2002.

B. Strauch and R. Winter. Vorgehensmodell für die informationsbedarfsanalyse im data warehousing. In R. Maur, E.; Winter, editor, *Vom Data Warehouse zum Corporate Knowledge Center*, pages 359–378. Physica, Heidelberg, 2002.

A. Strauss. *Grundalgen qualitativer Sozialforschung. Datenanalyse und Theoriebildung in der empirischen soziologischen Forschung*. München, 1991.

J. Strübing. *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung*. Wiebaden, 2. edition, 2008.

L. A. Suchman and E. Wynn. Procedures and problems in the office. *Office: Technology and People*, 2(2):133–154, 1984.

H. Taylor, A. Yochem, L. Phillips, and F. Martinez. *Event-Driven Architecture- How SOA Enables the Real-Time Enterprise*. Addison-Wesley, 2009.

J. Taylor and N. Raden. *Smart Enough Systems: How to Deliver Competitive Advantage by Automating Hidden Decisions*. Prentice Hall, 2007.

D.P. Tegarden. Business information visualization. *Journal Communications of the AIS*, 1(1), 1999.

P. Temdee and L. Korba. Of the networks, interactions and agents: An approach for social network analysis. In *6th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, pages 101–114, Ottawa, 2001. NRC Research Press.

R. A. Teubner. *Organisations- und Informationssystemgestaltung*. DUV, Wiesbaden, 1999.

P. A. Tipler and A. Llewelyn, R. *Moderne Physik*. Oldenbourg, Oldenbourg, 2002.

G. S. Tjaden, S. Narasimhan, and S. Mitra. Structural effectiveness metrics for business processes. In *INFORMS Conference on Information Systems and Technology*, pages 396–400, Washington, DC, 1996.

G. Tonbul and S. Misra. Error density metrics for business process model. In *24th International Symposium on Computer and Information Sciences, ISCIS 2009*, pages 513–517, Cyprus, Greece, 2009.

J. Travis and J. Venable. Components, characteristics, and means for methodology evaluation. In *EMMSAD '96*, Heraklion, Crete, 1996.

Bobrik A. Trier, M. *Systemanalyse im Wissensmanagement*, page 382ff. Oldenburg, Oldenburg, 2007.

M. Trier. *IT-supported Visualization and Evaluation of Virtual Knowledge Communities*. PhD thesis, TU Berlin, 2005.

M. Trier. Towards a social network intelligence tool for visual analysis of virtual communication networks. In M. Meissner, K.; Engelien, editor, *Virtuelle Organisationen und Neue Medien*, pages 331–342. TUDpress, 2006.

M. Trier. Towards dynamic visualization for understanding evolution of digital communication networks. *Information Systems Research*, 19(3):335–350, 2008.

M. Trier and A. Bobrik. Analyzing the dynamics of community formation using brokering activities. In *Communities and Technologies*, pages 463–477. Springer, Berlin, 2007.

M. Trier and C. Müller. Towards a systematic approach for capturing knowledge-intensive business processes. In *Practical Aspects of Knowledge Management*, pages 239–250. Springer, 2004.

M. Trier, A. Bobrik, N. Neumann, and B. Wyssussek. *Systemtheorie und Modell*, chapter Systemanalyse im Unternehmen, pages 60–87. Oldenburg, 5. edition, 2007.

D.A. Troy and S.H. Zweben. Measuring the quality of structured designs. *Journal of Systems and Software*, 2:113–120, 1981.

F. Tutzauer. Entropy as a measure of centrality in networks characterized by path-transfer flow. *Social Networks*, 29(2):249–265, 2007.

B. Uzzi. The sources and consequences of embeddedness for the economic performance of organizations: The network effect. *American Sociological Review*, 61(4):674–698, 1996.

G. Valiris and M. Glykas. Critical review of existing bpr methodologies:the need for a holistic approach. *Business Process Management Journal*, 5(1):65–86, 1999.

W. M. P. van der Aalst. The application of petri-nets to workflow management. *Journal of Curcuits, Systems and Computers*, 8(1):21–66, 1998.

W. M. P. van der Aalst. Business process management: A personal view. *Business Process Management Journal*, 10, 2004.

W. M. P. van der Aalst and K.B. Lassen. Translating workflow nets to bpel4ws. Technical report, Eindhoven University of Technology, 2005.

W. M. P. van der Aalst and H.M.W. Verbeek. Process mining in web services: Thewebsphere case. *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, 31(3):45–48, 2008.

W. M. P. van der Aalst and A. J. M. M. Weijters. Process mining: a research agenda. *Computers in Industry*, 53(3):231–244, 2004.

W. M. P. van der Aalst and M. Weske. The p2p approach to interorganizational workflows. In *13th international conference on advanced information systems engineering (CAiSE'01)*, volume 2068, pages 140–156. Springer, 2001.

W. M. P. van der Aalst, A.H.M. Hofstede, and M. Weske. Business process management-a survey. In *Business Process Management*, volume 2678, pages 1–12. Springer, 2003.

W. M. P. van der Aalst, H.A. Reijers, A.J.M.M. Weijters, B.F. van Dongen, A.K. Alves de Medeiros, M. Song, and H.M.W. Verbeek. Business process mining: An industrial application. *Information Systems*, 32(5):713–732, 2007.

I. Vanderfeesten, J. Cardoso, J. Mendling, H.A. Reijers, and W. van der Aalst. Quality metrics for business process models. In L. Fischer, editor, *Workflow Handbook*, pages 179–190. Future Strategies Inc., Lighthouse Point, FL,USA, 2007.

K. Vergidis, A. Tiwari, and B. Majeed. Business process analysis and optimization: Beyond reengineering. *Transactions on IEEE Computer, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 38(1):69–82, 2008.

Y. Verginadis, D. Apostolou, N. Papageorgiou, and G. Mentzas. An architecture for collaboration patterns in agile event-driven environments. In *IEEE International Workshops on Enabling Technologies, Infrastructures for Collaborative Enterprises*, 2009.

I. Vessey and A. P. Sinha. Cognitive fit: An empirical study of recursion and iteration. *IEEE Transaction in Software Engineering*, 18(5):368–379, 1992.

L. Vessey. Cognitive fit: A theory-based analysis of the graphs versus tables literature. *Decision Sciences*, 22(Spring):219–241, 1991.

B. von Halle. *Business Rules Applied.* Wiley and Sons, 2002.

B. von Halle, L. Goldberg, and J. Zachman. *Business Rule Revolution. Running Business the Right Way.* Happy About, 2006.

G. Wagner, M. Laubichler, and H. Bagheri-Chaichian. Genetic measurement theory of epistatic effects. *Genetica*, 102:569–580, 1998.

G. Wagner, C. V. Damasio, and G. Antonio. Towards a general web rule language. *International Journal on Web Engineering and Technology*, 2(2/3):181–207, 2005.

M. J. Waibel. Konzepte des sozialen netzwerks, des sozialen rückhalts sowie des sozioemotionalen rückhaltes für die praxis der integrativen supervision. *Konzepte des Sozialen Netzwerks, des sozialen Rückhalts sowie des sozioemotionalen Rückhaltes für die Praxis der Integrativen Supervision*, 2004. URL `http://www.fpi-publikation.de/images/stories/downloads/supervision/Waibel-Netzwerke-Supervision-11-2004.pdf`.

J. G. Walls, G. R. Widmeyer, and O. A. El Sawy. Building an information system design theory for vigilant enterprise information systems. *Information Systems Research*, 3 (1):36–59, 1992.

M. Walton. *The Deming Management Method*. Perigee Books, 1986.

Y. Wand and R. Weber. An ontological model of an information system. *IEEE Transactions On Software Engineering*, 16(11), 1990.

C. Wang, Y. Zhou, and J. Chen. Extracting prime business rules from large legacy system. In *International Conference on Computer Science and Software Engineering*. IEEE Computer Society, 2008.

R. Y. Wang, H. B. Kon, and S. E. Madnick. *Data Quality Requirements Analysis and Modeling*. MIT Press, 1993.

X. Wang, J. Sun, X. Yang, Z. He, and S. R. Maddineni. Human factors in extracting business rules from legacy systems. In *IEEE Interantional Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pages 200–206, 2004.

S. Wasserman and K. Faust. *Social Network Analysis - Methods and Applications*. Cambridge University Press, 18. edition, 2009.

S. Wasserman and P. Pattison. Logit models and logistic regression for social networks: I. an introduction to markov graphs and p*. *Psychometrika*, 61:401–425, 1996.

D. J. Watts. The "newßcience of networks. *Annual Review of Sociology*, 30(1):243–270, 2004.

D. J. Watts and S.H. Strogatz. Collective dynamics of ßmall-world"networks. *Nature*, 393:440–442, 1998.

M. Weiser. Program slicing. In *5th international conference on Software Engineering*, pages 439–449, 1981.

B. Wellman. Structural analysis: from method and metaphor to theory and substance. In Berkowitz S.D. Wellman, B., editor, *Social structures: A network approach*, pages 19–61. Cambridge University Press, New York, 1988.

M. Wertheimer. Vortrag vor der kant-gesellschaft. *Philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache*, 1:39–60, 1925.

M. Weske. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Springer, 2007.

R. Wilhelm. *Prozessorganisation*. Oldenbourg, 2007.

T. D. Wilson. On user studies and information needs. *Journal of Documentation*, 37: 3–15, 1981.

T. D. Wilson. Tools for the analysis of business information needs. *Aslib Proceedings*, 46 (1):19–23, 1994.

H. Wimmel. *Entscheidbarkeit bei Petri-netzen: Überblick und Kompendium*. Springer, 2008.

R. Winter and R. Baskerville. Methodik der wirtschaftsinformatik. *Wirtschaftsinformatik*, 5:257–258, 2010.

W. Wittmann. *Unternehmung und unvollkommene Information: unternehmerische Voraussicht, Ungewissheit und Planung*. Westdeutscher Verlag, Köln, 1959.

WorkflowManagementCoalitionWfMC. The workflow reference model. Technical report, 1995.

H. Wottawa and H. Thierau. *Lehrbuch Evaluation*. Huber, Bern, 1990.

V. Wulf. Theorien sozialer praktiken zur fundierung der wirtschaftsinformatik: Eine forschungsprogrammatische perspektive. In H.; Niehaves B. Becker, J.; Krcmar, editor, *Wissenschaftstheorie und Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik*, pages 211 – 224. Springer/Physika, 2009.

Y. Ye and G. Fischer. Information delivery in support of learning reusable software components on demand. In *7th international conference on Intelligent user interfaces - IUI '02*, page 159, 2002.

M. H. Zack. Researching organizational systems using social network analysis. In *33rd Hawaii International Conference on Systems Science*, Los Alamitos, 2000. CA:IEEE Computer Society Press.

A. Zakarian. Analysis of process models: A fuzzy logic approach. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17:444–452, 2001.

B. Zhu and H. Chen. Information visualization. *Annual Review of Information Science and Technology*, pages 139–178, 2005.

B. Zhu and S.A. Watts. Visualization of network concepts: The impact of working memory capacity differences. *Information Systems Research*, 21(2):327–344, 2010.

M. zur Muehlen and M. Rosemann. Multi-paradigm process management. In Janis Grundspenkis and Marite Kirikova, editors, *5th Workshop on Business Process Modeling, Development and Support (BPMDS 2004)*, pages 169–175, 2004.

H. Zuse. *Software Complexity: Measures and Methods*. Walter de Gruyter and Co, New Jersey, 1991.

Index

Ablaufregeln, 77
Ableitungsregeln, 71
Abstimmungsintensive Prozesse, 213, 263
Abstimmungsprozess, 213
Administrative Prozesse, 29
Akteur, 19
Aktivität, 16, 24, 227
Aktivitätenrollen, 257
Analyse, 17
Analysephase, 39
Analysesichten der Netzwerkanalyse, 136
Analysetechniken, 42
Ansätze der Prozessoptimierung, 45
Anwendungsfreundlichkeit, 172
Auswirkungen des Geschäftsregelansatzes, 74
Automatisierbar, 259
Automatisierbare Prozesse, 203, 204
Automatisierbarkeit, 263
Automatisierung, 41
Automatisierungsgrad, 27

BAM, 169
Betweenness Zentralität/ betweenness centrality, 144
Beziehungsstärke, 142
BI, 169
BPM_lifecycle, 38
BPMN, 62
Brokering Activity, 146
Business Events, 97
Business Process Quality Metrics, 174

Closeness Zentralität/closeness centrality, 144
Cluster, 194
Clusteranalyse, 164
Cognitive Fit, 238
Collapsed Pool, 64
Commetrix, 151
C*ondition- Action rules*, 71

Daten, 118, 171
Datengenerierung, 156
datenintensive Prozesse, 29, 41
Datum, 69
Degree Zentralität/ Degree centrality, 143
Diam, 184
Dichte, 185
Diskiminanzanalyse, 194
Diskriminanzanalyse, 164
Diskriminanzkoeffizient, 165
Domäne, 99
Durchmesser, 139, 183
durchschnittliche Distanz, 139
durchschnittliche Pfadlänge, 142
dysfunktionale Prozesse, 262

ECA Regeln, 71, 115
Effektivität, 44
Effizienz, 44
Eigenschaften von Prozessen, 21
Einschränkungsregeln, 71
Eintrittswahrscheinlichkeit, 99
Elemente des Geschäftsprozesses, 17
Entropie, 141, 181, 187, 231
Entropie, 188
Entropie BC, 188
Entropie CC, 188
Entropie DC, 188
Entscheidung, 77, 122, 124
Entscheidungintensiv, 259

Entscheidungsbäume, 77
Entscheidungsfindung, 116
Entscheidungsinformationscluster, 80
Entscheidungsinformationsintensiver Prozess, 31
Entscheidungsinformationsintensiver Prozess, 213
Entscheidungsinformationspunkt, 80
Entscheidungsintensität, 112
Entscheidungsintensiver Geschäftsprozess, 30
Entscheidungsintensiver Prozess, 210, 262
Entscheidungstabellen, 77
Entscheidungswissensintensiver Prozess, 80
EPK, 62
Ereignis, 16, 20, 48
Ereignis, 3
Ereignisdichte, 186
Ereignisintensiv, 259
Ereignisobjekt, 96
Ereignisorientierte Netzwerkanalyse, 142
Ereignisorientierter Ansatz der Netzwerkanalyse, 191
Ereignisorientiertes Datenmodell, 150
Ereignisorientierung, 96, 103
Ereignisregel, 100, 115
Ereignisreicher Prozess, 222
Evaluierung, 40
Event Rules, 115
externe Validität, 160

Fakt, 69
Faktorenanalyse, 163, 194, 228
Flexibel, 259
Flexibilität, 180, 187
Flexibler Prozess, 215
Forschungshypothese, 6
Fragebogenmethode, 83

Gültigkeit, 159, 172
Güte der Diskriminanzfunktion, 165
geodesic, 184
Geschäftsobjekt, 19, 20
Geschäftspolitik, 70
Geschäftsprozess, 16, 98
Geschäftsprozessanalyse, 41
Geschäftsprozessarchitektur, 17
Geschäftsprozessmodellierung, 42
Geschäftsprozessorientierung, 36
Geschäftsregel, 20, 69, 98
Geschäftsregelansatz, 73
Geschäftsregelaussage, 70
Geschäftsregelorientierte Prozessanalyse, 91
Geschäftsregelsystem, 73
gewichtete Beziehung, 132
Gewichtete Verbindung, 137
Größe, 183
Grad, 143
Graph, 19
Graphentheorie, 131
Grenzwert, 257

Hypothese, 160
Hypothese, 6
Hypothesentests, 194

Indegree, 143
Indikator, 7, 169
Indikator, 6
Information, 44, 117
Informationsüberlastung, 124
Informationsbasierter Prozess, 30
Informationsbedarf, 17, 28, 31, 265
Informationsbedarf, 233
Informationsbedarfsanalyse, 126, 235
Informationsdesign, 240
Informationsdichte, 181
Informationsdichte, 187
Informationseffizienz, 119, 261
Informationsenke, 189
Informationsfluss, 17, 18, 154
Informationsgehalt, 141, 181
Informationsintensität, 112
Informationsintensiv, 259
informationsintensiv, 261
Informationsintensiver Prozess, 207
informationsintensiver Prozess, 30

Informationskapital, 173, 233
Informationsmanagement, 231
Informationsmangel, 187
Informationsquelle, 80, 230, 257
Informationsquelle, 7
Informationsquelle, 189
Informationssenke, 230, 257
Informationsstruktur, 123
Informationsstruktur, 7
Informationsverhalten, 125
inhaltliche Validität, 159, 172
interne Validität, 159
Interoperabilität, 104
Interviews, 82

Kennzahl, 138
Kernaktivität, 80, 231, 257
Kerngeschäftsprozess, 26
Kernprozess, 206, 259, 261
Klassifikation, 23
Knotenmetrik, 257
Kollaborativer Prozess, 29
Kommunikation, 119
Kommunikationsaktivität, 230, 257
Kommunikationsintensität, 28
Kommunikationsintensiv, 259
kommunikationsintensiv, 28
Kommunikationsintensiver Prozess, 221
Kommunikationskontrolle, 190
Kommunikationsverhalten, 59
Kommuninkationsdichte, 187
Komplexität, 279
Konstruktvalidität, 159, 172
Kontrollaktivität, 257
Kontrollaktivität, 233
Kontrollelement, 19
Koordinationsintensität, 112
Kundenpräsenz, 32

lifecycle, 17
linkevent, 97, 137

Maßzahl, 171
Matrix, 132
Messen, 170
Messgröße, 170
Messtheorie, 170
Messung, 104, 169
Methoden zur Evaluierung, 166
Metrik, 171
Modell, 55
Monitoring, 40

Nachricht, 118
Netzwerk, 17, 131, 154
Netzwerkanalyse, 135
Netzwerkbasierter Ansatz zur ereignisorientierter Prozessanalyse, 251
Netzwerkgröße, 139
Notation, 57

Operationalisierung, 171, 202
Operationsflexibilität, 181
operative Entscheidungen, 78
ostantive Sicht, 266
Outdegree, 143

Petri Netze, 61
Policy, 16, 70
Pragmatik, 118
Prestige, 125
Process Analyst, 66
Process Engineer, 66
Process Manager, 66
Process Mining, 96
Process Monitoring, 99
Process Owner, 66
Process Participant, 66
Produktionsprozess, 21
Produktionsregel, 71
Prominenz, 143
prozeduales Wissen, 32, 262
Prozess der Modellierung, 56
Prozessablauf, 18
Prozessaktivität, 18, 19
Prozessanalyse, 44, 100
Prozessarchitektur, 17, 262
Prozesseigenschaften, 23
Prozesselemente, 19
Prozesskennzahl, 37

Prozesslebenszyklus, 77
Prozesslogik, 18
Prozessnähe, 78
Prozessnetzwerk, 155
Prozessoptimierung, 44
Prozessorientierte Kultur, 37
Prozessorientierung, 36
Prozessregel, 71
Prozessressource, 19
Prozesssenke, 230, 257
Prozesssenke, 233
Prozesstyp, 23, 40, 223
Prozesstypisierung, 27
Prozessumfang, 22
Prozessverhalten, 7, 20, 94
Prozessziel, 18
Pulsetaker, 146

Qualitätsmetrik, 174
Quantitative Forschung, 169
Quartil, 163

Rückwärtsverkettung, 117
Real-World Networks, 192
Regel, 18, 68, 95
Reichweite, 142
relevante Umwelt, 19, 90
Richtigkeit der Modellierung, 158
Richtlinien zur Modellierung, 55
Routine, 26

Schnittstellenintensität, 112
Semantik, 118
Semiotik, 118
Signifikanzniveau, 166
Signifikanzwert, 166
sozial-strukturelle Kennzahl, 52
Soziale Netzwerkanalyse, 135
soziale Netzwerktheorie, 135
Soziales Kapital, 145, 173
Soziales Netzwerk, 133, 137
Soziogramm, 132
Standardabweichung, 163
Standardisierung, 171
Strategische Entscheidung, 78
Struktur eines Systems, 138
Strukturelle Eigenschaften, 138
strukturiert, 21
Strukturiertheit, 22
Strukturierung, 27
Subprozess, 23
Syntax, 118
System, 18, 98
Systemische Sichtweise, 98
Systemischer Ansatz, 18

t-Test, 166
Taktische Entscheidung, 78
Typisierung, 23
Typisierung von Prozessaktivitäten, 228

UML, 62
Umwelt, 25
Unternehmensrichtlinien, 16
Unternehmensumwelt, 18
Untersuchung, 154

Validierung, 171, 173
Variabilität, 22
Varianz, 163
Verbundenheit, 140, 198
Verhalten, 173
Verhaltensaspekte, 14
verhaltensstrukturelle Kennzahl, 255
Verifikation, 173
Vernetzheit, 140
Vernetztheit, 198
Verteilt, 259
Verteilter Geschäftsprozess, 21, 25
Verteilter Prozess, 103, 218, 263
Visualisierung eines Netzwerks, 136
Vorgehen zur Integration der Ereignisorientierung im Unternehmen, 106

Wahrscheinlichkeitsverteilung, 141
Wilks Lambda, 165
Wissen, 32, 118
Wissensintensiver Prozess, 30
Workflow, 27

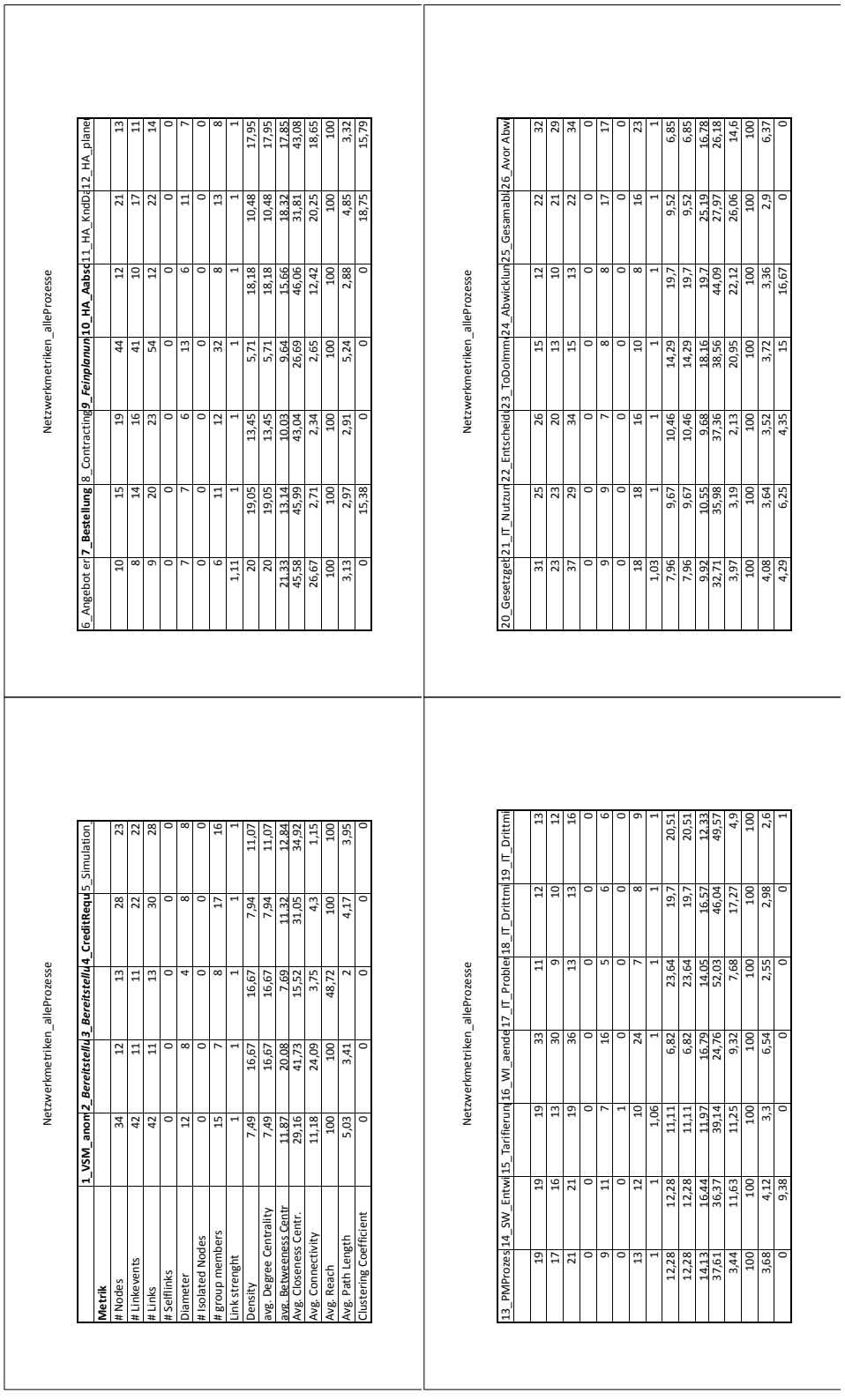
Zentralität, 138, 143, 188
Ziele der Messung, 169
Zufallsnetzwerk, 192, 252
Zufallsnetzwerk, 14
Zuverlässigkeit, 172

A. Übersicht- Prozesse

Prozessname	Quelle
1_VSM_anonym	Industrieprojekt BKK
2_BereitstellungI_VW	Konzeption eines standardisierten Kennzahlensystems im BMW Motorradwerk Berlin
3_BereitstellungII_VW	Konzeption eines standardisierten Kennzahlensystems im BMW Motorradwerk Berlin
4_CreditRequest_SAP	Industrieprojekt SAP
5_Simulation_VW	Industrieprojekt VW
6_Angebot erstellen	Industrieprojekt bei Vattefall Europe
7_Bestellung	Industrieprojekt bei Vattefall Europe
8_ContractingProcess	Enabling Globally Distributed Business Process using ED SOA
9_Feinplanung	Diplomarbeit: Regel-basierte Konzeptionelle Entwicklung eines Feinplanungstools
10_HA_Aabschliessen	Industrieprojekt bei Vattefall Europe
11_HA_KndDatenPruefen	Industrieprojekt bei Vattefall Europe
12_HA_planen	Industrieprojekt bei Vattefall Europe
13_PMProzess	Diplomarbeit: Projektentwicklung und -bewertung im Kontext von Unternehmensarchitekturen
14_SW_Entwicklung	SOA basierte Integration verschiedener IT-Systeme in operative Geschäftsprozesse bei der Prisma GmbH
15_Tarifierung	Dissertation: Eine Methode zur Konzeption betrieblicher Software mit einer serviceorientierten Architektur
16_WI_aenderung	Industrieprojekt
17_IT_Problemlösung	Diplomarbeit (FH): Konzeption und Einführung von WS Windows basierten Diensten unter Anwendung der Architektur integrierter IS
18_IT_DrittmittelAntrag	Diplomarbeit (FH): Konzeption und Einführung von WS Windows basierten Diensten unter Anwendung der Architektur integrierter IS
19_IT_Drittmittelverwaltu	Diplomarbeit (FH): Konzeption und Einführung von WS Windows basierten Diensten unter Anwendung der Architektur integrierter IS
20_GesetzgebungUSA	Studienarbeit: Einsatz von SOA im deutschen Gesetzgebungsprozess
21_IT_Nutzungsantrag	Studienarbeit: Einsatz von SOA im deutschen Gesetzgebungsprozess
22_Entscheidungsprozess	Studienarbeit Verwaltung
23_ToDoImmoSCout	Industrieprojekt
24_AbwicklungGH	Diplomarbeit Elektroindustrie
25_Gesamablauf GH	Diplomarbeit Elektroindustrie
26_Avor Abwicklung	Diplomarbeit Elektroindustrie
27_VFProjekt	Industrieprojekt bei Vattefall Europe

28_repDeöivery	P. Kueng und P. Kawalek, „Goal-based business process models: creation and evaluation“, Business Process Management Journal, Bd. 3, Nr. 1, S. 17 - 38, 1997.
29_patGespräach	Diplomarbeit: Angewandtes Prozessmanagement am Beispiel von Workflow-Management-Systemen im Krankenhaus
30_KonraLBB	Diplomarbeit: Entwicklung eines Regelframeworks für Servicedesign bei der Landesbank Berlin
31_KKLBB	Diplomarbeit: Entwicklung eines Regelframeworks für Servicedesign bei der Landesbank Berlin
32_LimitantragLBB	Diplomarbeit: Entwicklung eines Regelframeworks für Servicedesign bei der Landesbank Berlin
33_beschLfG	Diplomarbeit: Architektur der IT-Systeme für Beschaffungsprozesse im Land Berlin
34_BeschIILfG	Diplomarbeit: Architektur der IT-Systeme für Beschaffungsprozesse im Land Berlin
35_AllwBew	T. Allweyer: BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation, Springer, 2009
37_AllwProbe	T. Allweyer: BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation, Springer, 2009
36_AllwStelle	T. Allweyer: BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation, Springer, 2009
38_AllwStorno	T. Allweyer: BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation, Springer, 2009
39_CarRental	Diplomarbeit: Gestaltung eines Event-Driven Workflow unter Berücksichtigung von Geschäftsregeln
40_mendlComplaint	J. Mendling, H.A. Reijers, W.M.P. van der Aalst: Seven Process Modeling Guidelines (7PMG). Information and Software Technology (IST). Volume 52, Number 2, pages 127-136, 2010
41_medWareneingang	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
42_medVersorgung	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
43_medWarenprüfung	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
44_medErfassung	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
45_med Disposition	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
46_medVormontage	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
47_medEndmontage	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche

48_medVersand	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
49_medRetour	Diplomarbeit: Geschäftsprozessoptmierung am Beispiel eines KMU der Medizintechnikbranche
50_LBBserviceMgm	Diplomarbeit: Konzeption einer SOA-Governance für einen Finanzdienstleister unter Anwendung des SOA-Manangements-Frameworks
51_EDAcreateSales	H. Taylor, A. Yochem, L. Phillips: Event-Driven Architecture: How SOA Enables the Real-Time Enterprise, Addison-Wesley, 2009
52_EDASales	H. Taylor, A. Yochem, L. Phillips: Event-Driven Architecture: How SOA Enables the Real-Time Enterprise, Addison-Wesley, 2009
53_DtagUmzugGes	Industrieprojekt DTAG
54_DtagProvider_ges	Industrieprojekt DTAG
55_DtagProduktges	Industrieprojekt DTAG
56_DtagProblges	Industrieprojekt DTAG
57_DtagBEschwerdeGes	Industrieprojekt DTAG
58_auftragBesuch	Industrieprojekt DTAG



Metrik	1_VSM_anon	2_Bereitstellu	3_Bereitstellu	4_CreditRequ	5_Simulation
# Nodes	34	12	13	28	23
# Linkevents	42	11	11	22	22
# Links	42	11	13	30	28
# Selflinks	0	0	0	0	0
Diameter	12	8	4	8	8
# Isolated Nodes	0	0	0	0	0
# group members	15	7	8	17	16
Link strenght	1	1	1	1	1
Density	7,49	16,67	16,67	7,94	11,07
avg. Degree Centrality	7,49	16,67	16,67	7,94	11,07
avg. Betweeness Centr	11,87	20,08	7,69	11,32	12,84
Avg. Closeness Centr.	29,16	41,73	15,52	31,05	34,92
Avg. Connectivity	11,18	24,09	3,75	4,3	1,15
Avg. Reach	100	100	48,72	100	100
Avg. Path Length	5,03	3,41	2	4,17	3,95
Clustering Coefficient	0	0	0	0	0

6_Angebot er	7_Bestellung	8_Contracting	9_Feinplanun	10_HA_Aabsc	11_HA_KndDa	12_HA_plane
10	15	19	44	12	21	13
8	14	16	41	10	17	11
9	20	23	54	12	22	14
0	0	0	0	0	0	0
7	7	6	13	6	11	7
0	0	0	0	0	0	0
6	11	12	32	8	13	8
1,11	1	1	1	1	1	1
20	19,05	13,45	5,71	18,18	10,48	17,95
20	19,05	13,45	5,71	18,18	10,48	17,95
21,33	13,14	10,03	9,64	15,66	18,32	17,85
45,58	45,99	43,04	26,69	46,06	31,81	43,08
26,67	2,71	2,34	2,65	12,42	20,25	18,65
100	100	100	100	100	100	100
3,13	2,97	2,91	5,24	2,88	4,85	3,32
0	15,38	0	0	0	18,75	15,79

13_PMProzes	14_SW_Entwi	15_Tarifierun	16_WI_aende	17_IT_Proble	18_IT_Drittmi	19_IT_Drittmi
19	19	19	33	11	12	13
17	16	13	30	9	10	12
21	21	19	36	13	13	16
0	0	0	0	0	0	0
9	11	7	16	5	6	6
0	0	1	0	0	0	0
13	12	10	24	7	8	9
1	1	1,06	1	1	1	1
12,28	12,28	11,11	6,82	23,64	19,7	20,51
12,28	12,28	11,11	6,82	23,64	19,7	20,51
14,13	16,44	11,97	16,79	14,05	16,57	12,33
37,61	36,37	39,14	24,76	52,03	46,04	49,57
3,44	11,63	11,25	9,32	7,68	17,27	4,9
100	100	100	100	100	100	100
3,68	4,12	3,3	6,54	2,55	2,98	2,6
0	9,38	0	0	0	0	1

20_Gesetzget	21_IT_Nutzun	22_Entscheid	23_ToDoImm	24_Abwicklun	25_Gesamabl	26_Avor Abw
31	25	26	15	12	22	32
23	23	20	13	10	21	29
37	29	34	15	13	22	34
0	0	0	0	0	0	0
9	9	7	8	8	17	17
0	0	0	0	0	0	0
18	18	16	10	8	16	23
1,03	1	1	1	1	1	1
7,96	9,67	10,46	14,29	19,7	9,52	6,85
7,96	9,67	10,46	14,29	19,7	9,52	6,85
9,92	10,55	9,68	18,16	19,7	25,19	16,78
32,71	35,98	37,36	38,56	44,09	27,97	26,18
3,97	3,19	2,13	20,95	22,12	26,06	14,6
100	100	100	100	100	100	100
4,08	3,64	3,52	3,72	3,36	2,9	6,37
4,29	6,25	4,35	15	16,67	0	0

Abbildung A.0.1.: Übersicht der Netzwerkmetriken für die untersuchten Prozesse

Netzwerkmetriken_alleProzesse

27_VFProjekt	28_repDeöive	29_patGespra	30_KonraLBB	31_KKLBB	32_Limitantra	33_beschLfG
15	17	12	12	13	9	21
13	16	8	10	12	8	19
17	17	14	14	14	12	24
0	0	0	0	0	0	0
7	12	5	6	7	5	10
0	0	0	0	0	0	0
10	12	6	8	9	6	15
1	1	1	1,14	1	1	1
16,19	12,5	21,21	21,21	17,95	33,33	11,43
16,19	12,5	21,21	21,21	17,95	33,33	11,43
12,63	19,9	11,87	13,76	16,37	13,89	15,69
45,02	35,21	51,62	49,62	44,24	58,66	34,75
7,25	11,18	7,42	10,3	13,87	12,3	6,17
100	100	100	100	100	100	100
2,9	4,38	2,42	2,65	3,13	2,25	4,3
0	0	10,34	0	0	27,27	0

Netzwerkmetriken_alleProzesse

34_BeschIILfG	35_AllwBew	36_AllwStelle	37_AllwProbe	38_AllwStorn	39_CarRental	40_mendlCon
34	16	12	8	11	43	17
28	14	11	6	10	36	16
44	20	16	8	12	52	26
0	0	0	0	0	0	0
12	8	5	5	5	16	5
0	0	0	0	0	0	0
22	11	8	4	8	28	12
1,05	1,05	1,13	1,13	1	1	1
7,84	16,67	24,24	28,57	21,82	5,76	19,12
7,84	16,67	24,24	28,57	21,82	5,76	19,12
10,59	14,79	11,36	16,07	15,37	10,9	8,69
31,61	42,56	53,64	56,37	48,97	26,28	49,84
4,22	3,33	7,27	16,67	1,82	2,57	0
100	100	100	100	100	100	100
4,6	3,37	2,36	2,29	2,69	5,69	2,48
14,42	0	17,14	0	18,75	3,26	4,76

Netzwerkmetriken_alleProzesse

41_medWare	42_medVerso	43_medWare	44_medErfass	45_med Dispo	46_medVorm	47_medEndm
39	13	42	9	10	15	57
33	12	41	7	7	13	51
44	14	50	8	9	14	64
0	0	0	0	0	0	0
15	10	23	7	7	11	27
0	0	0	0	0	0	0
26	9	32	5	5	10	40
1	1	1	1	1	1	1
5,94	17,95	5,81	22,22	20	13,33	4,01
5,94	17,95	5,81	22,22	20	13,33	4,01
12,64	21,5	15,51	24,07	21,78	24,32	17,72
25,13	41,19	23,06	46,77	45,45	34,76	17,57
3,14	25,4	10,06	30,95	27,22	28,06	15,87
100	100	100	100	100	100	100
5,93	3,79	7,51	3,17	3,18	4,65	11,1
8,82	30	0	0	0	0	3,06

Netzwerkmetriken_alleProzesse

48_medVersa	49_medRetou	50_LBBservice	51_EDAcreate	52_EDASales	53_DtagUmzu	54_DtagProvi
35	37	67	24	24	147	169
33	33	61	22	22	130	155
37	38	81	26	35	207	246
0	0	0	0	0	0	0
29	28	19	11	9	14	14
0	0	0	0	0	0	0
26	26	48	16	17	103	124
1	1	1,01	1	1	1,03	1,01
6,22	5,71	3,66	9,42	12,68	1,93	1,73
6,22	5,71	3,66	9,42	12,68	1,93	1,73
27,72	23,91	9,35	15,85	9,21	2,63	2,04
20,23	20,19	20,32	31,01	42,1	25,29	27,06
29,21	25,27	0,88	4,36	4,71	0,66	0,45
100	100	100	100	100	100	100
10,7	9,85	7,27	4,8	3,21	4,86	4,45
12,24	12,24	8,96	8,11	15,65	8,22	5,45

Netzwerkmetriken

55_DtagProdu	56_DtagProbl	57_DtagBEsch	58_DtagAuftr
165	182	94	31
149	154	76	27
237	236	121	38
0	0	0	0
11	23	14	8
0	1	1	0
119	123	60	21
1,03	1,01	1,05	1,05
1,75	1,43	2,77	8,17
1,75	1,45	2,83	8,17
2,06	4,86	4,34	8,68
26,73	16,46	25,17	28,7
0,49	0,35	1,97	4,58
100	100	100	87,53
4,41	9,79	5,03	3,69
4,24	6,31	5,29	8,45

Abbildung A.0.2.: Übersicht der Netzwerkmetriken für die untersuchten Prozesse (Prozesse 27-58)

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
# Nodes	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
# Linkevents	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
# Links	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Link strenght	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Density	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
avg. Degree Centrality	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
avg. Betweeness Centr	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Avg. Closeness Centr.	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Avg. Connectivity	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Avg. Reach	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Avg. Path Length	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Clustering Coefficient	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%

Bericht

	# Nodes	# Linkevents	# Links	Link strenght	Density	avg. Degree Centrality
Mittelwert	33,33	29,38	41,31	1,015345	12,965862	12,967241
N	58	58	58	58	58	58
Standardabweichung	39,628	35,171	55,845	,0346519	7,2791083	7,2770822

avg. Betweeness Centr	Avg. Closeness Centr.	Avg. Connectivity	Avg. Reach	Avg. Path Length	Clustering Coefficient
14,174138	36,354828	10,459828	98,9009	4,312414	5,859310
58	58	58	58	58	58
5,7443742	10,9032521	9,1511774	6,90165	2,0714622	7,4737155

Abbildung A.0.3.: Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Prozessnetzwerke

B. Prozesstypisierung

Prozesstypisierung- Deskriptive Metriken

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Diameter	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Density	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%
Avg. Path Length	58	95,1%	3	4,9%	61	100,0%

Bericht

	Diameter	Density	Avg. Path Length
Mittelwert	10,69	12,965862	4,312414
N	58	58	58
Standardabweichung	5,980	7,2791083	2,0714622

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Faktoranalyse der Prozesse: klassische Netwerkmetriken

Erklärte Gesamtvarianz

	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	6,139	47,225	47,225	6,139	47,225	47,225
2	2,562	19,707	66,931	2,562	19,707	66,931
3	1,353	10,405	77,337	1,353	10,405	77,337
4	1,018	7,833	85,170	1,018	7,833	85,170
5	,875	6,732	91,901			
6	,644	4,951	96,853			
7	,303	2,334	99,186			
8	,056	,431	99,618			
9	,035	,272	99,890			
10	,011	,085	99,975			
11	,003	,020	99,996			
12	,001	,004	100,000			
13	3,595E-7	2,765E-6	100,000			

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Komponentenmatrix[a]

	Komponente			
	1	2	3	4
# Nodes	,878	-,305	,258	,015
# Linkevents	,881	-,295	,254	,013
# Links	,849	-,359	,272	,006
Diameter	,724	,616	,103	,032
Link strenght	-,173	-,347	,298	,603
Density	-,922	-,165	,163	-,049
avg. Degree Centrality	-,922	-,165	,163	-,049
avg. Betweeness Centr	-,478	,833	,103	,097
Avg. Closeness Centr.	-,851	-,319	,354	,034
Avg. Connectivity	-,377	,723	,230	,142
Avg. Reach	,023	,178	,746	,190
Avg. Path Length	,715	,588	,091	,016
Clustering Coefficient	-,098	,041	,491	-,763

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

a. 4 Komponenten extrahiert

Korrelation der Faktoren: klassische Metriken

Korrelationen

		FaktorenAnalyse klassisch	FaktorenAnalyse klassisch	FaktorenAnalyse klassisch	FaktorenAnalyse klassisch
FaktorenAnalyse klassisch	Korrelation nach Pearson	1	,000	,000	,000
	Signifikanz (2-seitig)		1,000	1,000	1,000
	N	58	58	58	58
FaktorenAnalyse klassisch	Korrelation nach Pearson	,000	1	,000	,000
	Signifikanz (2-seitig)	1,000		1,000	1,000
	N	58	58	58	58
FaktorenAnalyse klassisch	Korrelation nach Pearson	,000	,000	1	,000
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	1,000		1,000
	N	58	58	58	58
FaktorenAnalyse klassisch	Korrelation nach Pearson	,000	,000	,000	1

	Signifikanz (2-seitig)	1,000	1,000	1,000	
	N	58	58	58	58

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Faktoranalyse der Prozesse: alle Metriken

Erklärte Gesamtvarianz

	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	7,840	43,556	43,556	7,840	43,556	43,556
2	2,608	14,491	58,047	2,608	14,491	58,047
3	1,862	10,345	68,392	1,862	10,345	68,392
4	1,387	7,705	76,097	1,387	7,705	76,097
5	1,134	6,299	82,396	1,134	6,299	82,396
6	,938	5,213	87,609			
7	,744	4,131	91,740			
8	,628	3,487	95,227			
9	,521	2,896	98,123			
10	,219	1,217	99,340			
11	,051	,282	99,623			
12	,037	,208	99,831			
13	,013	,072	99,903			
14	,010	,056	99,959			
15	,006	,035	99,994			
16	,001	,004	99,999			
17	,000	,001	100,000			
18	2,664E-7	1,480E-6	100,000			

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Komponentenmatrix[a]

	Komponente				
	1	2	3	4	5
# Nodes	-,842	-,318	,229	,255	-,037
# Linkevents	-,849	-,303	,223	,246	-,001
# Links	-,813	-,369	,230	,263	-,013
Diameter	-,718	,600	,045	,158	-,086
Link strenght	,193	-,369	,018	,349	-,557
Density	,936	-,148	-,009	,123	,087
avg. Degree Centrality	,936	-,149	-,009	,124	,087
avg. Betweeness Centr	,470	,836	-,042	,109	-,104
Avg. Closeness Centr.	,862	-,305	,024	,300	,141
Avg. Connectivity	,388	,720	,088	,220	-,222
Avg. Reach	-,013	,175	,136	,721	,158
Avg. Path Length	-,704	,569	,057	,149	-,100
Clustering Coefficient	,076	,036	-,192	,467	,512
InfoDichte	,971	-,008	-,014	,017	-,110
le/n=kommDichte	-,304	,219	-,117	-,130	,619
EntropieBC	,390	,139	,890	-,103	,077
EntropieCC	,746	-,062	,007	,225	-,036
EntropieDC	,288	,037	,911	-,163	,137

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

a. 5 Komponenten extrahiert

Korrelation der Faktoren: alle Metriken

Korrelationen

		FaktorenAnalyse alles	FaktorenAnalyse alles	FaktorenAnalyse alles	FaktorenAnalyse alles	FaktorenAnalyse alles
FaktorenAnalyse alles	Korrelation nach Pearson	1	,000	,000	,000	,000
	Signifikanz (2-seitig)		1,000	1,000	1,000	1,000
	N	58	58	58	58	58
FaktorenAnalyse alles	Korrelation nach Pearson	,000	1	,000	,000	,000
	Signifikanz (2-seitig)	1,000		1,000	1,000	1,000
	N	58	58	58	58	58
FaktorenAnalyse alles	Korrelation nach Pearson	,000	,000	1	,000	,000
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	1,000		1,000	1,000
	N	58	58	58	58	58

FaktorenAnalyse alles	Korrelation nach Pearson	,000	,000	,000	1	,000
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	1,000	1,000		1,000
	N	58	58	58	58	58
FaktorenAnalyse alles	Korrelation nach Pearson	,000	,000	,000	,000	1
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	1,000	1,000	1,000	
	N	58	58	58	58	58

Ergebnisse der Auswertung: Automatisierbarkeit der Prozesse

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	1,676[a]	100,0	100,0	,791

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,374	39,379	10	,000

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
# Linkevents	-4,201
# Links	4,786
Diameter	-,238
Density	1,991
avg. Betweeness Centr	1,116
Avg. Closeness Centr.	-2,325
Avg. Connectivity	,050
Avg. Reach	,121
Avg. Path Length	-,307
Clustering Coefficient	-,057

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1 * Gruppe	47	90,4%	5	9,6%	52	100,0%

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

Gruppe	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	-,9981167	29	,87504207
1	1,6080769	18	1,17724601
Insgesamt	,0000000	47	1,61808579

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Kernprozesse

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,982[a]	100,0	100,0	,704

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,505	32,489	11	,001

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion

	1
# Linkevents	2,356
# Links	-1,837
Diameter	-,672
Link strenght	,275
Density	-1,585
avg. Betweeness Centr	,367
Avg. Closeness Centr.	1,653
Avg. Connectivity	-,932
Avg. Reach	-,418
Avg. Path Length	,592
Clustering Coefficient	,255

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
Avg. Connectivity	-,838
avg. Betweeness Centr	-,785
# Links	,489
# Linkevents	,478
Density	-,373
avg. Degree Centrality[a]	-,373
Avg. Closeness Centr.	-,182
Link strenght	,096
Avg. Reach	,070
Clustering Coefficient	-,018
Diameter	,013
Avg. Path Length	,009

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen

Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Informationsintensive Prozesse (Anzahl Informationsflüsse)

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,636[a]	100,0	100,0	,624

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,611	25,118	10	,005

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
Diameter	-1,719
Density	,965
avg. Betweeness Centr	,152
Avg. Closeness Centr.	-,048
Avg. Connectivity	,369
Avg. Reach	-,301
Avg. Path Length	1,558
Clustering Coefficient	-,252
# Linkevents	5,629
# Links	-5,326

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
Density	,610
avg. Degree Centrality[a]	,610
# Links	-,493
# Linkevents	-,480
avg. Betweeness Centr	,462
Avg. Connectivity	,459
Avg. Closeness Centr.	,367
Diameter	-,274
Avg. Reach	-,197
Avg. Path Length	-,185

Clustering Coefficient	-,090

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Diskriminanzanalysewerte für die Haupteinflusskomponenten

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,396[a]	100,0	100,0	,533

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,716	18,012	4	,001

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
Density	1,659
avg. Betweeness Centr	,061
Avg. Closeness Centr.	-1,053
Avg. Connectivity	,294

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
Density	,773
avg. Betweeness Centr	,586
Avg. Connectivity	,582
Avg. Closeness Centr.	,465

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

Mittelwerte der Diskiminanzanalyse- Hauptdiskriminantkoeffizienten

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

InfoMedian0.2105	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	,5973224	30	1,04036988
1	-,6399883	28	,95474032
Insgesamt	,0000000	58	1,17108587

Analyse der Mittelwerte der Hauptdiskriminantkoeffizienten

Gruppenstatistiken

	InfoMedian0.2105	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Density	0	30	16,0160	7,14027	1,30363
	1	28	9,6979	5,97374	1,12893
avg. Betweeness Centr	0	30	16,0783	4,77278	,87139
	1	28	12,1339	6,07040	1,14720
Avg. Closeness Centr.	0	30	39,2857	11,50505	2,10052
	1	28	33,2146	9,43555	1,78315
Avg. Connectivity	0	30	13,4723	9,34768	1,70665
	1	28	7,2321	7,87743	1,48869

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Density	Varianzen sind gleich	1,445	,234	3,641	56	,001	6,31814	1,73523	2,84207	9,79422
	Varianzen sind nicht gleich			3,664	55,363	,001	6,31814	1,72451	2,86266	9,77363

avg. Betweenes s Centr	Varianzen sind gleich	1,052	,309	2,761	56	,008	3,94440	1,42873	1,08231	6,80650
	Varianzen sind nicht gleich			2,738	51,258	,008	3,94440	1,44062	1,05260	6,83621
Avg. Closeness Centr.	Varianzen sind gleich	1,891	,175	2,188	56	,033	6,07102	2,77432	,51339	11,62866
	Varianzen sind nicht gleich			2,203	55,115	,032	6,07102	2,75533	,54948	11,59257
Avg. Connectivity	Varianzen sind gleich	2,144	,149	2,739	56	,008	6,24019	2,27821	1,67639	10,80399
	Varianzen sind nicht gleich			2,755	55,444	,008	6,24019	2,26470	1,70245	10,77793

Mittelwerte der informationsintensiven Prozesse (1)

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

InfoMedian0.2105	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	,7573101	30	,97143789
1: Informationsintensiv	-,8114036	28	1,02979581
Insgesamt	,0000000	58	1,26795926

1= hoher Wert der Informationsflüsse/Knoten

Vergleich der Mittelwerte der Linkevents und Links

Gruppenstatistiken

	InfoMedian0.2105	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
# Linkevents	0	30	17,33	11,877	2,168
	1	28	42,29	46,108	8,714
# Links	0	30	21,73	14,489	2,645
	1	28	62,29	74,002	13,985
Diameter	0	30	9,47	5,941	1,085
	1	28	12,00	5,844	1,104
avg. Betweeness Centr	0	30	16,0783	4,77278	,87139
	1	28	12,1339	6,07040	1,14720
avg. Degree Centrality	0	30	16,0160	7,14027	1,30363
	1	28	9,7007	5,97015	1,12825
Avg. Closeness Centr.	0	30	39,2857	11,50505	2,10052
	1	28	33,2146	9,43555	1,78315
Avg. Connectivity	0	30	13,4723	9,34768	1,70665
	1	28	7,2321	7,87743	1,48869

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere	95% Konfidenzintervall der Differenz Obere
# Linkevents	Varianzen sind gleich	17,951	,000	-2,866	56	,006	-24,952	8,707	-42,395	-7,509
	Varianzen sind nicht gleich			-2,779	30,339	,009	-24,952	8,979	-43,282	-6,623
# Links	Varianzen sind gleich	21,455	,000	-2,943	56	,005	-40,552	13,777	-68,152	-12,953
	Varianzen sind nicht gleich			-2,849	28,932	,008	-40,552	14,233	-69,665	-11,439
Diameter	Varianzen sind gleich	,220	,641	-1,636	56	,108	-2,533	1,549	-5,636	,569
	Varianzen sind nicht gleich			-1,631	55,839	,107	-2,533	1,548	-5,634	,568

avg. Betweenes s Centr	Varianzen sind gleich	1,052	,309	2,761	56	,008	3,94440	1,42873	1,08231	6,80650
	Varianzen sind nicht gleich			2,738	51,258	,008	3,94440	1,44062	1,05260	6,83621
avg. Degree Centrality	Varianzen sind gleich	1,452	,233	3,640	56	,001	6,31529	1,73481	2,84003	9,79054
	Varianzen sind nicht gleich			3,663	55,356	,001	6,31529	1,72407	2,86068	9,76989
Avg. Closeness Centr.	Varianzen sind gleich	1,891	,175	2,188	56	,033	6,07102	2,77432	,51339	11,62866
	Varianzen sind nicht gleich			2,203	55,115	,032	6,07102	2,75533	,54948	11,59257
Avg. Connectivity	Varianzen sind gleich	2,144	,149	2,739	56	,008	6,24019	2,27821	1,67639	10,80399
	Varianzen sind nicht gleich			2,755	55,444	,008	6,24019	2,26470	1,70245	10,77793

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Entscheidungsintensive Prozesse (Anzahl XOR-Splits)

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,537[a]	100,0	100,0	,591

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,650	21,933	10	,015

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,537[a]	100,0	100,0	,591

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
Diameter	-,474
Density	2,674
avg. Betweeness Centr	-1,787
Avg. Closeness Centr.	-2,156
Avg. Connectivity	,552
Avg. Reach	1,233
Avg. Path Length	-,053
Clustering Coefficient	,161
# Linkevents	4,180
# Links	-3,864

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
avg. Betweeness Centr	-,575
Avg. Connectivity	-,393
# Links	,377
# Linkevents	,350
Avg. Closeness Centr.	,244
Diameter	-,242
Clustering Coefficient	,214
Avg. Path Length	-,193
avg. Degree Centrality[a]	,145
Density	,145
Avg. Reach	,134

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
avg. Betweeness Centr	-,575
Avg. Connectivity	-,393
# Links	,377
# Linkevents	,350
Avg. Closeness Centr.	,244
Diameter	-,242
Clustering Coefficient	,214
Avg. Path Length	-,193
avg. Degree Centrality[a]	,145
Density	,145
Avg. Reach	,134

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Mittelwert der entscheidungsintensiven Prozesse (1)

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

EntschMedian0.1962	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	-,7202821	29	,89594690
1= entscheidungsintensiv	,7202821	29	1,09420252
Insgesamt	,0000000	58	1,22896882

1= hoher Wert Entscheidungen pro Knoten

Diskriminanzanalysewerte für die Haupteinflusskomponenten

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,203[a]	100,0	100,0	,411

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,831	10,154	2	,006

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
avg. Betweeness Centr	1,555
Avg. Connectivity	-,712

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
avg. Betweeness Centr	,936
Avg. Connectivity	,640

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen

Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

Mittelwert der Diskriminanzkoeffizienten bei Betrachtung der Hauptdiskriminanten

Bericht

DA_HauptDiskrKoeffEntsch

EntschMedian0.1962	Mittelwert	N	Standardabweichung
0	,4424532	29	,92611299
1= entscheidungsintensiv	-,4424532	29	1,06879125
Insgesamt	,0000000	58	1,08703976

Gruppenstatistiken

	EntschMedian0.1962	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
avg. Betweeness Centr	0	29	16,3859	5,50499	1,02225
	1	29	11,9624	5,17073	,96018
Avg. Connectivity	0	29	12,9714	10,10142	1,87579

Gruppenstatistiken

	EntschMedian0.1962	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
avg. Betweeness Centr	0	29	16,3859	5,50499	1,02225
	1	29	11,9624	5,17073	,96018
Avg. Connectivity	0	29	12,9714	10,10142	1,87579
	1	29	7,9483	7,44137	1,38183

Mittelwerte der Hauptdiskimanten

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
avg. Betweeness Centr	Varianzen sind gleich	,307	,582	3,154	56	,003	4,42345	1,40248	1,61395	7,23295
	Varianzen sind nicht gleich			3,154	55,782	,003	4,42345	1,40248	1,61371	7,23319
Avg. Connectivity	Varianzen sind gleich	4,906	,031	2,156	56	,035	5,02310	2,32981	,35593	9,69028
	Varianzen sind nicht gleich			2,156	51,476	,036	5,02310	2,32981	,34686	9,69934

Mittelwerte der Linkevents und Links

Gruppenstatistiken

	EntschMedian0.1962	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
# Linkevents	0	29	20,72	12,544	2,329
	1	29	38,03	46,965	8,721
# Links	0	29	26,55	16,984	3,154
	1	29	56,07	74,894	13,907

Diameter	0	29	11,72	6,670	1,239
	1	29	9,66	5,108	,949
avg. Betweeness Centr	0	29	16,3859	5,50499	1,02225
	1	29	11,9624	5,17073	,96018
avg. Degree Centrality	0	29	12,2024	4,96225	,92147
	1	29	13,7321	9,05359	1,68121
Avg. Closeness Centr.	0	29	34,4507	9,28468	1,72412
	1	29	38,2590	12,17751	2,26131
Avg. Connectivity	0	29	12,9714	10,10142	1,87579
	1	29	7,9483	7,44137	1,38183

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
# Linkevents	Varianzen sind gleich	15,152	,000	-1,918	56	,060	-17,310	9,027	-35,393	,773
	Varianzen sind nicht gleich			-1,918	31,975	,064	-17,310	9,027	-35,698	1,077
# Links	Varianzen sind gleich	16,492	,000	-2,070	56	,043	-29,517	14,261	-58,085	-,950
	Varianzen sind nicht gleich			-2,070	30,872	,047	-29,517	14,261	-58,607	-,428
Diameter	Varianzen sind gleich	,678	,414	1,326	56	,190	2,069	1,560	-1,056	5,194
	Varianzen sind nicht gleich			1,326	52,436	,191	2,069	1,560	-1,061	5,199

avg. Betweenes s Centr	Varianzen sind gleich	,307	,582	3,154	56	,003	4,42345	1,40248	1,61395	7,23295
	Varianzen sind nicht gleich			3,154	55,782	,003	4,42345	1,40248	1,61371	7,23319
avg. Degree Centrality	Varianzen sind gleich	22,762	,000	-,798	56	,428	-1,52966	1,91718	-5,37022	2,31091
	Varianzen sind nicht gleich			-,798	43,430	,429	-1,52966	1,91718	-5,39490	2,33559
Avg. Closeness Centr.	Varianzen sind gleich	6,886	,011	-1,339	56	,186	-3,80828	2,84361	-9,50471	1,88816
	Varianzen sind nicht gleich			-1,339	52,332	,186	-3,80828	2,84361	-9,51353	1,89698
Avg. Connectivity	Varianzen sind gleich	4,906	,031	2,156	56	,035	5,02310	2,32981	,35593	9,69028
	Varianzen sind nicht gleich			2,156	51,476	,036	5,02310	2,32981	,34686	9,69934

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Entscheidungs-/Informationsintensive Prozesse

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,647[a]	100,0	100,0	,627

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,607	25,456	10	,005

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
# Linkevents	-3,014
# Links	3,424
Diameter	,362
Density	,498
avg. Betweeness Centr	-,814
Avg. Closeness Centr.	-,698
Avg. Connectivity	,228
Avg. Reach	,475
Avg. Path Length	-,191
Clustering Coefficient	-,098

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
# Links	,895
# Linkevents	,861
avg. Betweeness Centr	-,720
Avg. Connectivity	-,488
Density	-,469
avg. Degree Centrality[a]	-,469
Avg. Closeness Centr.	-,292
Diameter	,187
Avg. Path Length	,181
Avg. Reach	,102
Clustering Coefficient	-,019

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen
Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.
a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Diskrimianzanalyse mit Hauptdiskriminanzkomponenten

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,619[a]	100,0	100,0	,618

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,618	25,761	5	,000

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
# Links	,617
avg. Betweeness Centr	-,668
Avg. Closeness Centr.	-,047
Avg. Connectivity	,194
Avg. Reach	,242

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
# Links	,916
avg. Betweeness Centr	-,737
Avg. Connectivity	-,499
Avg. Closeness Centr.	-,299
Avg. Reach	,105

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen
Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

Mittelwerte der Diskriminanzfunktionenn der Hauptdiskriminanten

Gruppenstatistiken

	EntschInfoBinär	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
avg. Betweeness Centr	,00	46	15,6324	4,96433	,73195
	1,00	12	8,5842	5,21432	1,50524
Avg. Closeness Centr.	,00	46	37,6174	10,54960	1,55545
	1,00	12	31,5150	11,33605	3,27244
Avg. Connectivity	,00	46	12,1535	9,41688	1,38844
	1,00	12	3,9675	3,63277	1,04869
Avg. Reach	,00	46	98,61413	7,741361	1,141401
	1,00	12	100,00000	,000000	,000000

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
avg. Betweeness Centr	Varianzen sind gleich	,333	,566	4,336	56	,000	7,04822	1,62542	3,79212	10,30433
	Varianzen sind nicht gleich			4,211	16,590	,001	7,04822	1,67377	3,51022	10,58623

Avg. Closeness Centr.	Varianzen sind gleich	,001	,973	1,758	56	,084	6,10239	3,47119	-,85124	13,05603
	Varianzen sind nicht gleich			1,684	16,328	,111	6,10239	3,62330	-1,56612	13,77091
Avg. Connectivity	Varianzen sind gleich	12,417	,001	2,939	56	,005	8,18598	2,78563	2,60570	13,76626
	Varianzen sind nicht gleich			4,705	47,606	,000	8,18598	1,73998	4,68677	11,68519
Avg. Reach	Varianzen sind gleich	1,578	,214	-,616	56	,540	-1,385870	2,249438	-5,892035	3,120296
	Varianzen sind nicht gleich			-1,214	45,000	,231	-1,385870	1,141401	-3,684770	,913031

Bericht

DA_Hauptdiskr_infoEntsch

EntschInfoBinär	Mittelwert	N	Standardabweichung
,00	-,3947051	46	,58999668
1,00	1,5130363	12	1,91490984
Insgesamt	,0000000	58	1,26100618

Signifikanz der Unterschiede der Mittelwerte der Anzahl von Links und Linkevents

Gruppenstatistiken

	EntschInfoBinär	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
# Linkevents	,00	46	19,24	12,246	1,806
	1,00	12	68,25	60,977	17,603
# Links	,00	46	24,78	15,971	2,355
	1,00	12	104,67	97,959	28,278

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere	Obere
# Linkevents	Varianzen sind gleich	118,513	,000	-5,183	56	,000	-49,011	9,455	-67,952	-30,070
	Varianzen sind nicht gleich			-2,770	11,232	,018	-49,011	17,695	-87,859	-10,163
# Links	Varianzen sind gleich	160,667	,000	-5,391	56	,000	-79,884	14,818	-109,569	-50,199
	Varianzen sind nicht gleich			-2,815	11,153	,017	-79,884	28,376	-142,235	-17,533

Signifikanz der Dichten

Gruppenstatistiken

	EntschInfoBinär	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Density	,00	46	14,2665	6,67506	,98418
	1,00= abstimmungsintensiv	12	7,9800	7,62178	2,20022

Test bei unabhängigen Stichproben

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere	Obere

Density	Varianzen sind gleich	,003	,959	2,822	56	,007	6,28652	2,22733	1,8246 4	10,7484 0
	Varianzen sind nicht gleich			2,608	15,689	,019	6,28652	2,41031	1,1686 5	11,4044 0

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Verteilte Prozesse (Anzahl Akteure)

Diskriminazanalyse der Einordnung der Verteiltheit

Gruppenstatistik

Gruppe		Mittelwert	Standardabweichung	Gültige Werte (listenweise) Ungewichtet	Gewichtet
1	Density	22,351111	5,2058175	9	9,000
	Avg. Closeness Centr.	49,775556	5,2389744	9	9,000
	Avg. Path Length	2,706667	,3958851	9	9,000
	Diameter	5,777778	,9718253	9	9,000
	Link strenght	1,042222	,0637922	9	9,000
	avg. Degree Centrality	22,351111	5,2058175	9	9,000
	avg. Betweeness Centr	15,022222	3,6008394	9	9,000
	Avg. Connectivity	11,966667	8,3390347	9	9,000
	Avg. Reach	100,000000	,0000000	9	9,000
	Clustering Coefficient	8,545556	10,1049123	9	9,000
	InfoDichte	,342606	,0529596	9	9,000
	le/n=kommDichte	,839821	,0895325	9	9,000
	EntropieBC	21,165116	12,2249766	9	9,000
	EntropieCC	107,376940	32,7502446	9	9,000
	EntropieDC	25,904808	20,8083412	9	9,000
2	Density	15,068462	6,2675232	13	13,000
	Avg. Closeness Centr.	36,458462	12,7173607	13	13,000
	Avg. Path Length	4,518462	2,7821869	13	13,000
	Diameter	11,153846	8,2345426	13	13,000
	Link strenght	1,013846	,0375363	13	13,000
	avg. Degree Centrality	15,068462	6,2675232	13	13,000
	avg. Betweeness Centr	17,386923	6,1671163	13	13,000
	Avg. Connectivity	15,026923	11,4215391	13	13,000
	Avg. Reach	96,055385	14,2225130	13	13,000
	Clustering Coefficient	6,582308	7,6216032	13	13,000
	InfoDichte	,269465	,0764118	13	13,000
	le/n=kommDichte	,875316	,0510588	13	13,000
	EntropieBC	12,308258	16,5364171	13	13,000
	EntropieCC	49,360996	49,0981353	13	13,000
	EntropieDC	4,390533	15,4366764	13	13,000
3	Density	9,914571	5,7389456	35	35,000
	Avg. Closeness Centr.	33,104000	8,7394515	35	35,000
	Avg. Path Length	4,624000	1,9035218	35	35,000
	Diameter	11,742857	5,3045089	35	35,000
	Link strenght	1,009429	,0179776	35	35,000
	avg. Degree Centrality	9,916857	5,7358879	35	35,000
	avg. Betweeness Centr	12,758000	5,6850034	35	35,000
	Avg. Connectivity	8,091714	7,9015302	35	35,000
	Avg. Reach	99,643714	2,1078147	35	35,000
	Clustering Coefficient	5,067429	6,7341497	35	35,000
	InfoDichte	,199567	,0907143	35	35,000
	le/n=kommDichte	,866602	,0698975	35	35,000
	EntropieBC	8,164442	53,8216320	35	35,000
	EntropieCC	12,649301	46,4509284	35	35,000
	EntropieDC	18,980405	152,4301569	35	35,000
Gesamt	Density	13,053684	7,2992599	57	57,000
	Avg. Closeness Centr.	36,501404	10,9764656	57	57,000
	Avg. Path Length	4,297193	2,0894230	57	57,000
	Diameter	10,666667	6,0306756	57	57,000
	Link strenght	1,015614	,0348987	57	57,000
	avg. Degree Centrality	13,055088	7,2971861	57	57,000
	avg. Betweeness Centr	14,171228	5,7783964	57	57,000
	Avg. Connectivity	10,285263	9,1910595	57	57,000
	Avg. Reach	98,881579	6,9614243	57	57,000
	Clustering Coefficient	5,962105	7,4986693	57	57,000
	InfoDichte	,238094	,0977735	57	57,000
	le/n=kommDichte	,864361	,0692667	57	57,000
	EntropieBC	11,162261	43,1358488	57	57,000
	EntropieCC	35,979139	56,3988020	57	57,000
	EntropieDC	16,746217	119,4650295	57	57,000

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	1,028[a]	79,2	79,2	,712

2	,269[a]	20,8	100,0	,460

a. Die ersten 2 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1 bis 2	,389	44,900	28	,023
2	,788	11,321	13	,584

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion	
	1	2
Density	2,193	-,321
Avg. Closeness Centr.	,788	-3,020
Avg. Path Length	,925	-1,510
Diameter	,185	1,005
Link strenght	,406	,029
avg. Betweeness Centr	-,011	-1,880
Avg. Connectivity	-,350	,052
Avg. Reach	-,124	1,668
Clustering Coefficient	,024	,117
InfoDichte	,780	,949
le/n=kommDichte	,077	,075
EntropieBC	1,220	,040
EntropieCC	-2,033	2,435
EntropieDC	-1,809	,430

Struktur-Matrix

	Funktion	
	1	2
avg. Degree Centrality[a]	,790*	,180
Density	,790*	,179
EntropieCC	,760*	,218
InfoDichte	,652*	,044
Avg. Closeness Centr.	,596*	,443
Link strenght	,319*	,295
Clustering Coefficient	,171*	,031
EntropieBC	,105*	,047
avg. Betweeness Centr	,250	-,484*
Avg. Connectivity	,251	-,431*
Avg. Reach	-,062	,425*
Avg. Path Length	-,300	-,347*
Diameter	-,333	-,342*
le/n=kommDichte	-,099	-,254*
EntropieDC	-,001	,117*

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen; Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet. a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet*. Größte absolute Korrelation zwischen jeder Variablen und einer Diskriminanzfunktion.

Analyse bei 2 Gruppen

Eigenwerte

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	,660[a]	100,0	100,0	,631

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,602	25,348	10	,005

Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

	Funktion
	1
# Nodes	-,817
# Linkevents	,766
# Links	,163
Diameter	,179
Link strenght	,355
Density	1,898
avg. Betweeness Centr	-,464

Avg. Closeness Centr.	-,802
Avg. Connectivity	-,006
Avg. Reach	,535

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
avg. Degree Centrality[a]	,824
Density	,824
EntropieCC[a]	,771
Avg. Closeness Centr.	,766
InfoDichte[a]	,632
Diameter	-,466
Avg. Path Length[a]	-,448
Link strenght	,435
EntropieBC[a]	,316
# Linkevents	-,302
# Nodes	-,300
# Links	-,270
EntropieDC[a]	,254
Clustering Coefficient[a]	,144
le/n=kommDichte[a]	-,122
Avg. Connectivity	,099
Avg. Reach	,087
avg. Betweeness Centr	,079

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen

Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1 * GruppeBinär	58	100,0%	0	,0%	58	100,0%

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

GruppeBinär	Mittelwert	N	Standardabweichung
1= 1 Akteur	1,8432739	9	1,42819727
2= mehr als 2 Akteure	-,3524023	49	,89896247
Insgesamt	-,0116940	58	1,26882020

Mittelwerte der Einzelne Gruppen und Diskriminanzfunktionen

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1 * GruppeBinär	58	100,0%	0	,0%	58	100,0%

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1

GruppeBinär	Mittelwert	N	Standardabweichung
1= 1 Akteur	1,8432739	9	1,42819727
2= mehr als 2 Akteure	-,3524023	49	,89896247
Insgesamt	-,0116940	58	1,26882020

Mittelwerte ausgewählter Metriken

Gruppenstatistiken

	GruppeBinär	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Diameter	1,00	9	5,78	,972	,324
	2,00	49	11,59	6,079	,868
Density	1,00	9	22,351111	5,2058175	1,7352725
	2,00	49	11,232449	6,2203931	,8886276
avg. Betweeness Centr	1,00	9	15,022222	3,6008394	1,2002798
	2,00	49	13,967959	6,0602142	,8657449
Avg. Closeness Centr.	1,00	9	49,775556	5,2389744	1,7463248
	2,00	49	33,913469	9,8608626	1,4086947
Avg. Path Length	1,00	9	2,706667	,3958851	,1319617
	2,00	49	4,604286	2,1231502	,3033072

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Diameter	Varianzen sind gleich	7,922	,007	-2,842	56	,006	-5,814	2,045	-9,912	-1,717
	Varianzen sind nicht gleich			-6,273	55,805	,000	-5,814	,927	-7,671	-3,957
Density	Varianzen sind gleich	1,154	,287	5,038	56	,000	11,1186621	2,2070576	6,6973945	15,5399298
	Varianzen sind nicht gleich			5,703	12,602	,000	11,1186621	1,9495717	6,8932936	15,3440306
avg. Betweeness	Varianzen sind gleich	2,816	,099	,504	56	,617	1,0542630	2,0937492	-3,1400206	5,2485467
	Varianzen sind nicht gleich			,712	17,691	,486	1,0542630	1,4799276	-2,0588430	4,1673691
Avg. Closeness Centr.	Varianzen sind gleich	6,063	,017	4,682	56	,000	15,8620862	3,3878084	9,0754904	22,6486819
	Varianzen sind nicht gleich			7,070	20,362	,000	15,8620862	2,2436735	11,1871890	20,5369833
Avg. Path Length	Varianzen sind gleich	5,661	,021	-2,654	56	,010	-1,8976190	,7149187	-3,3297734	-,4654647
	Varianzen sind nicht gleich			-5,737	55,879	,000	-1,8976190	,3307705	-2,5602637	-1,2349744

Ergebnisse der Auswertung mit SPSS: Flexible Prozesse (Entropie: operationelle Flexibilität)

Diskriminanzanalyse der Trennbarkeit der Gruppenaufteilung:

Untersuchung der Entropie der Degree Centrality

Eigenwerte- Entropie Degree Centrality (DC)

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	3,330[a]	100,0	100,0	,877

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,231	71,077	13	,000

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
EntropieCC	,754
InfoDichte	,404
Density	,391
avg. Degree Centrality[a]	,391
Avg. Closeness Centr.	,299
EntropieBC	,242
Avg. Path Length	-,182

EntropieDC	,142
le/n=kommDichte	-,125
avg. Betweeness Centr	,122
Avg. Connectivity	,100
Link strenght	,073
Avg. Reach	-,056
Clustering Coefficient	-,037

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen

Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1= Entropie Degree Centrality

GruppeDC	Mittelwert	N	Standardabweichung
0= flexibel	-,2476876	30	,02601618
1	,2653796	28	1,43991218
Insgesamt	,0000000	58	1,02437326

Untersuchung der Entropie der Closeness Centrality

Eigenwerte- Closeness Centrality (CC)

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	3,410[a]	100,0	100,0	,879

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,227	71,971	13	,000

Struktur-Matrix

	Funktion
	1
EntropieCC	,813
Avg. Closeness Centr.	,299
Density	,288
avg. Degree Centrality[a]	,288
InfoDichte	,283
Avg. Path Length	-,142
le/n=kommDichte	-,099
avg. Betweeness Centr	,094
Link strenght	,091
Avg. Reach	,087
EntropieBC	,084
Avg. Connectivity	,062
Clustering Coefficient	-,016
EntropieDC	-,011

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen

Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1= Entropie Closeness Centrality

GruppeCC	Mittelwert	N	Standardabweichung
0= flexibel	-1,4760484	29	,91355714
1	1,4760484	29	1,07954312
Insgesamt	,0000000	58	1,78868618

Untersuchung der Entropie der Betweenness Centrality

Eigenwerte- Betweenness Centrality (BC)

Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kumulierte %	Kanonische Korrelation
1	3,119[a]	100,0	100,0	,870

a. Die ersten 1 kanonischen Diskriminanzfunktionen werden in dieser Analyse verwendet.

Wilks' Lambda

Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1	,243	68,652	13	,000

Struktur-Matrix

	Funktion
	1

EntropieCC	,608
InfoDichte	,361
Density	,359
avg. Degree Centrality[a]	,358
avg. Betweeness Centr	,302
Avg. Closeness Centr.	,291
EntropieBC	,281
Avg. Connectivity	,263
EntropieDC	,137
Avg. Path Length	-,107
Avg. Reach	,091
le/n=kommDichte	-,059
Clustering Coefficient	,046
Link strenght	,036

Gemeinsame Korrelationen innerhalb der Gruppen zwischen Diskriminanzvariablen und standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionen

Variablen sind nach ihrer absoluten Korrelationsgröße innerhalb der Funktion geordnet.

a. Diese Variable wird in der Analyse nicht verwendet.

Bericht

Werte der Diskriminanzfunktion 1 aus Analyse 1= Entropie Betweenness Centrality

GruppeBC	Mittelwert	N	Standardabweichung
0= flexibel	-,4810994	29	,14750532
1	,4810994	29	1,40649998
Insgesamt	,0000000	58	1,10361831

Untersuchung: Unterschied zu entscheidungsintensiven Prozessen

Statistik bei einer Stichprobe: Mittelwerte der Prozesse mit hoher Entropie

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
1_DA_DC	29	1,1566	,98486	,18288
1_DA_BC	29	-,1083	1,32353	,24577
1_DA_CC	32	,8734	,98911	,17485

Test bei einer Sichprobe: Vergelich der Mittelwerte

	Mittelwert der Entscheidungsintensiven Prozesse: Testwert = -0.5895					
					95% Konfidenzintervall der Differenz	
	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Untere	Obere
1_DA_DC	9,547	28	,000	1,74605	1,3714	2,1207
1_DA_BC	1,958	28	,060	,48122	-,0222	,9847
1_DA_CC	8,367	31	,000	1,46294	1,1063	1,8196

C. Prozessvisualisierung

Fragen zum Inhalt des Geschäftsprozessmodells

(Netzwerk)

Allgemeine Fragen:

1. Haben Sie bereits Erfahrung mit Modellierung von Geschäftsprozessmodellen?

☐ Ja ☐ Nein

2. Wie lange besitzen Sie bereits Erfahrung bei Modellierung von Geschäftsprozessen?

☐ Weniger als ein Monat ☐ Weniger als ein Jahr ☐ Weniger als 3 Jahre ☐ Länger als 3 Jahre

3. Wie oft haben Sie mit der Modellierung von Geschäftsprozessen zu tun?

☐ Täglich ☐ Monatlich ☐ seltener als monatlich ☐ Nie

4. Sind Sie mit weiteren Geschäftsprozessmodellierungsmethoden außer mit BPMN bekannt?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, mit welchen?_____

Fragen zum Prozessmodell:

1. Wie viele Akteure gibt es im Prozess?

2. Welche sind die aktiven Akteure in dem Prozess? (Bezeichnen Sie alle erkennbaren Akteure auf dem Modellblatt und führen Sie die aktiven hier bitte auf)

_____

2a. Welche(r) von diesen wird von Ihnen als besonders aktiv empfunden?

_____

3. Ist in dem abgebildeten Prozess eine Interaktion zwischen den Akteuren vorhanden?

☐ Ja ☐ Nein

3a. Wenn ja, zwischen welchen?

_____

3b. Wenn ja, welche Akteure werden wenig bzw. gar nicht in die Kommunikation eingebunden?

_____

4. Was sind die zentralen Aktivitäten des Prozesses?

_____

5. Welche Aktivitäten gehören zu ein und derselben Funktion?

_____

6. Aktivität A wird vor Aktivität L ausgeführt

☐ Ja ☐ Nein

7. Von welchem/n Akteur/en wird die Aktivität B ausgeführt? (bitte beziehen Sie sich dabei auf Bezeichnungen aus der Frage 2)

_____

8. Weiteres:

a) Fanden Sie die Darstellung des Prozesses übersichtlich (klar und eindeutig)?

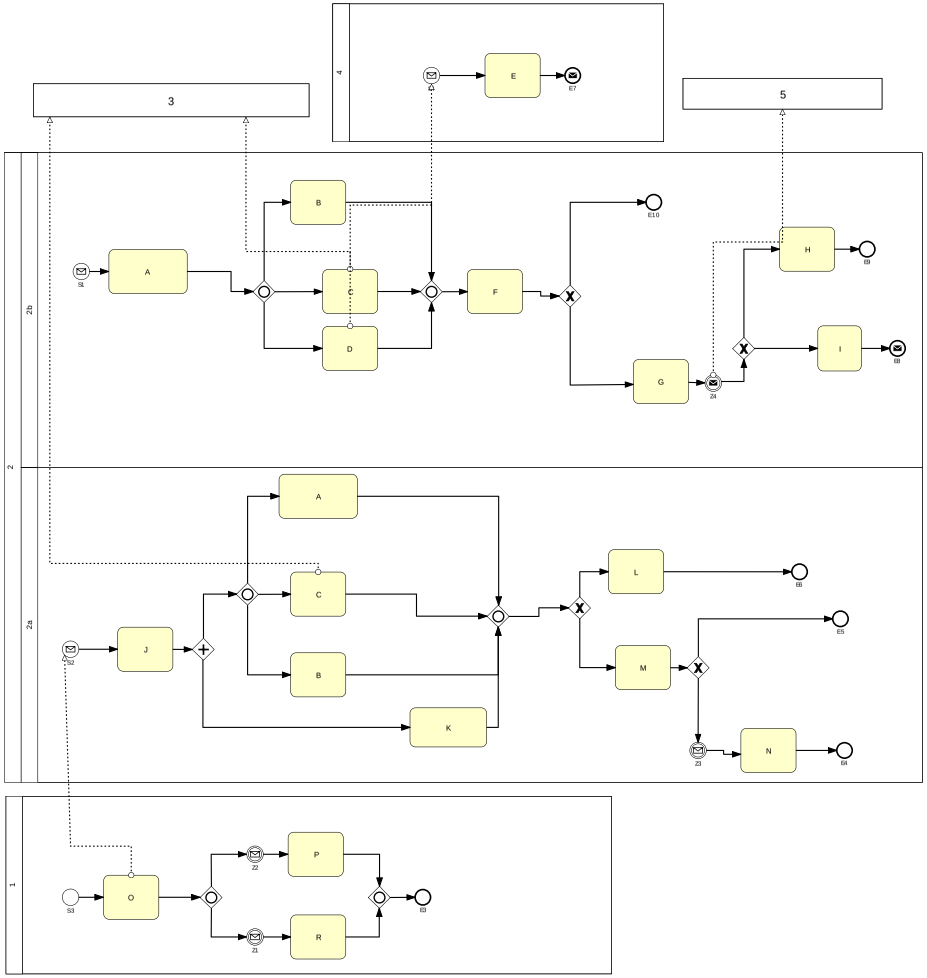
☐ Ja ☐ Nein

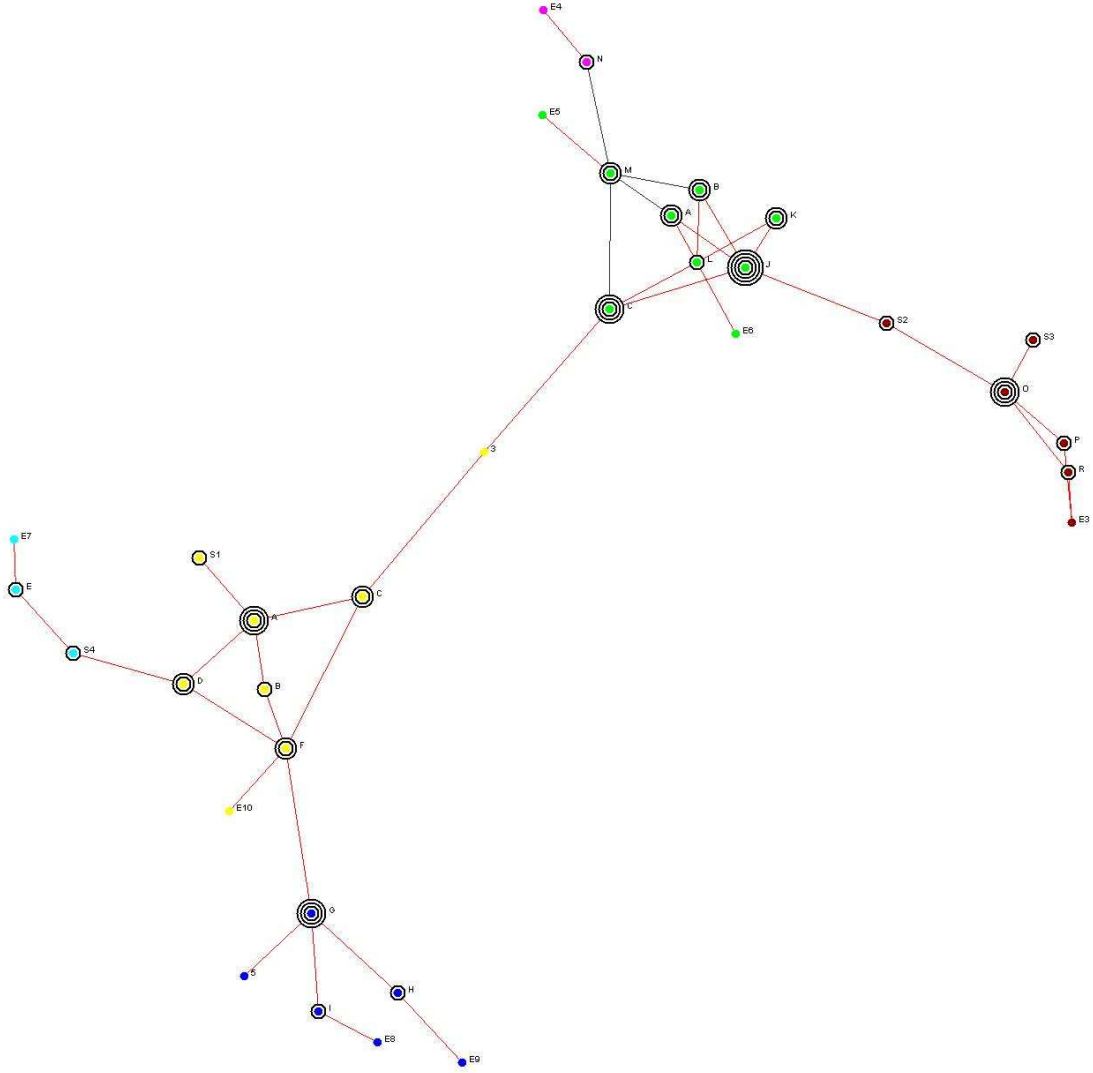
b) Fanden Sie die Prozessdarstellung nachvollziehbar?

☐ Ja ☐ Nein

c) Halten Sie die Prozessdarstellung dafür geeignet, eine Prozessautomatisierung daraus abzuleiten?

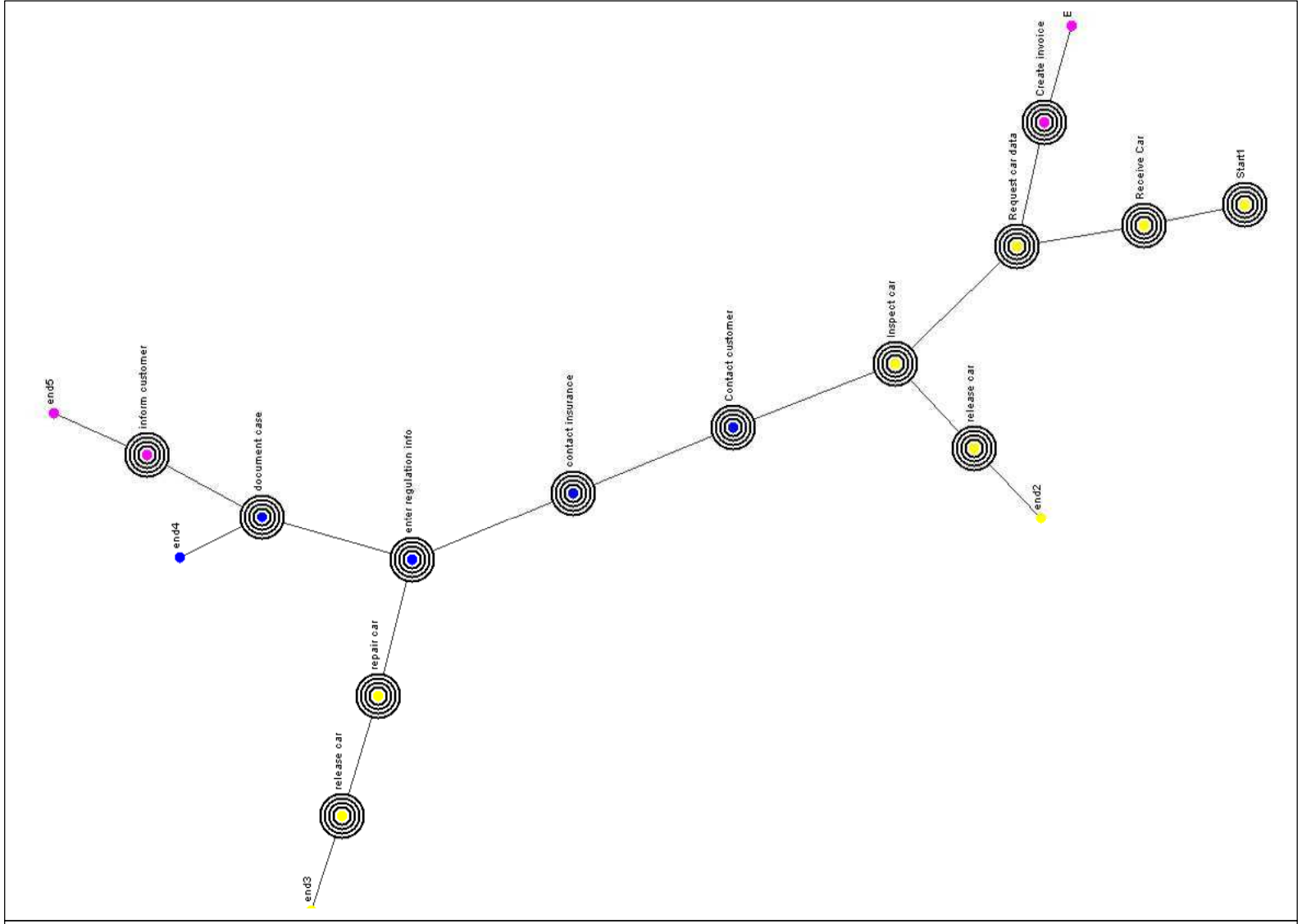
☐ Ja ☐ Nein

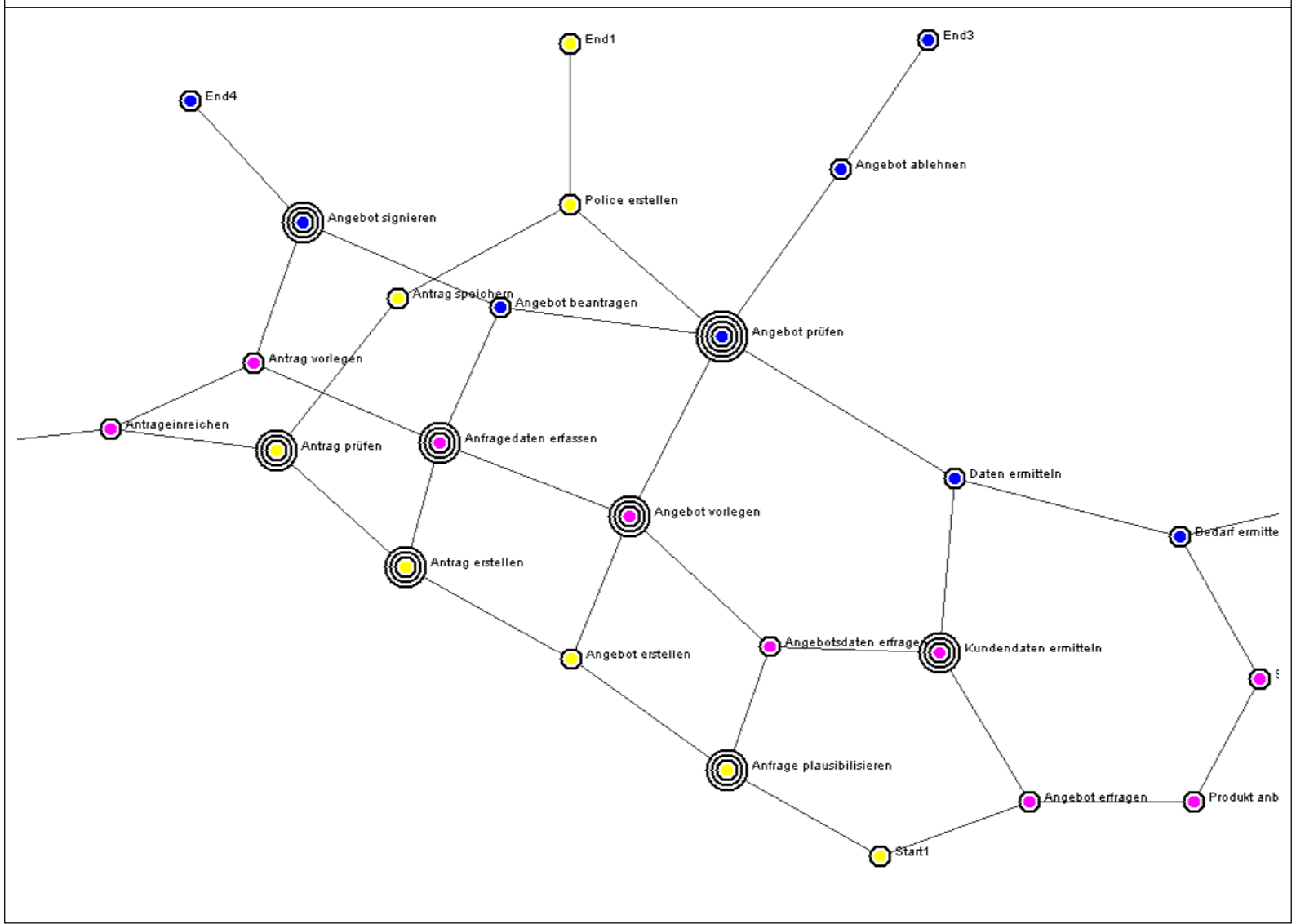


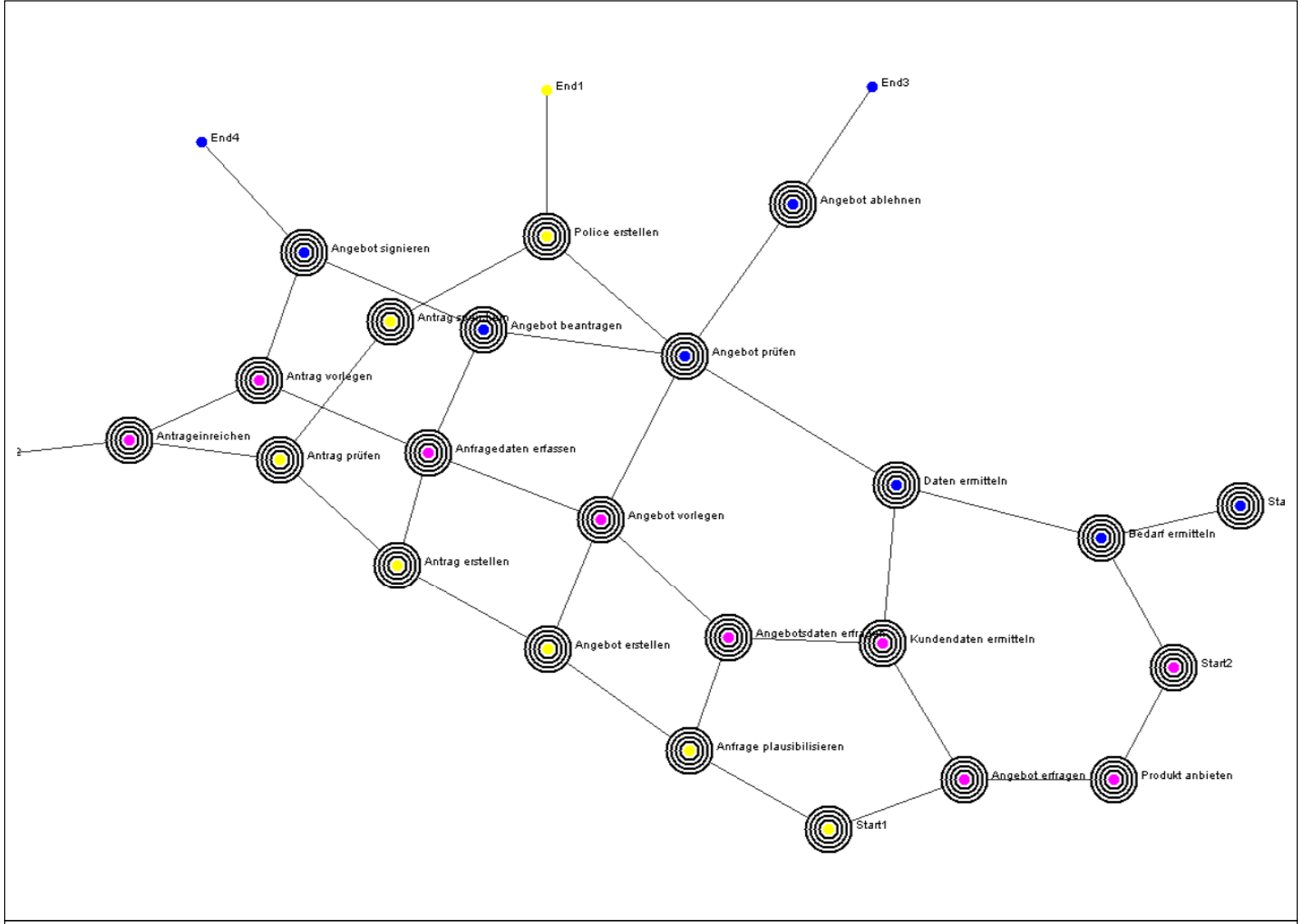


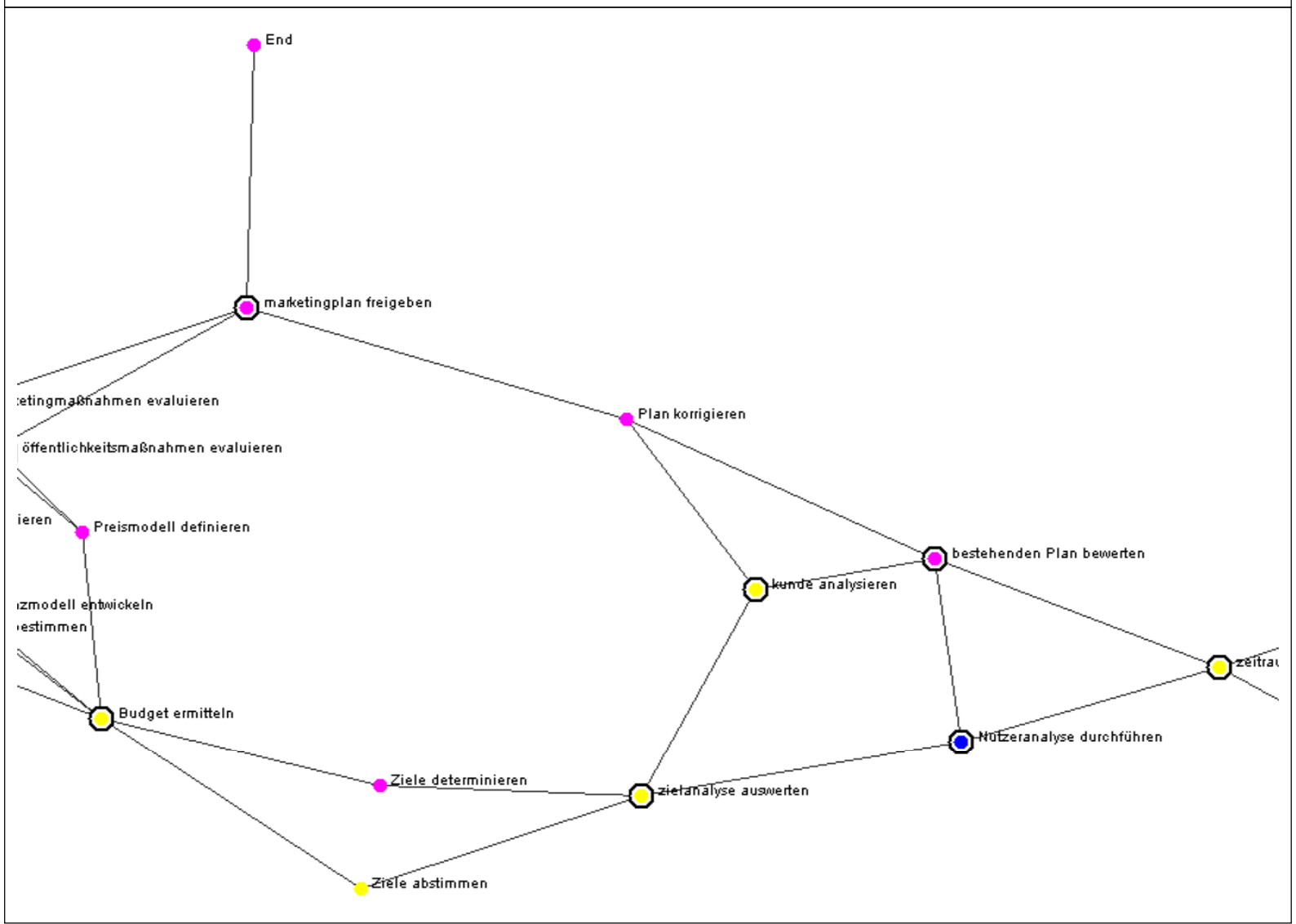
Signavio GmbH

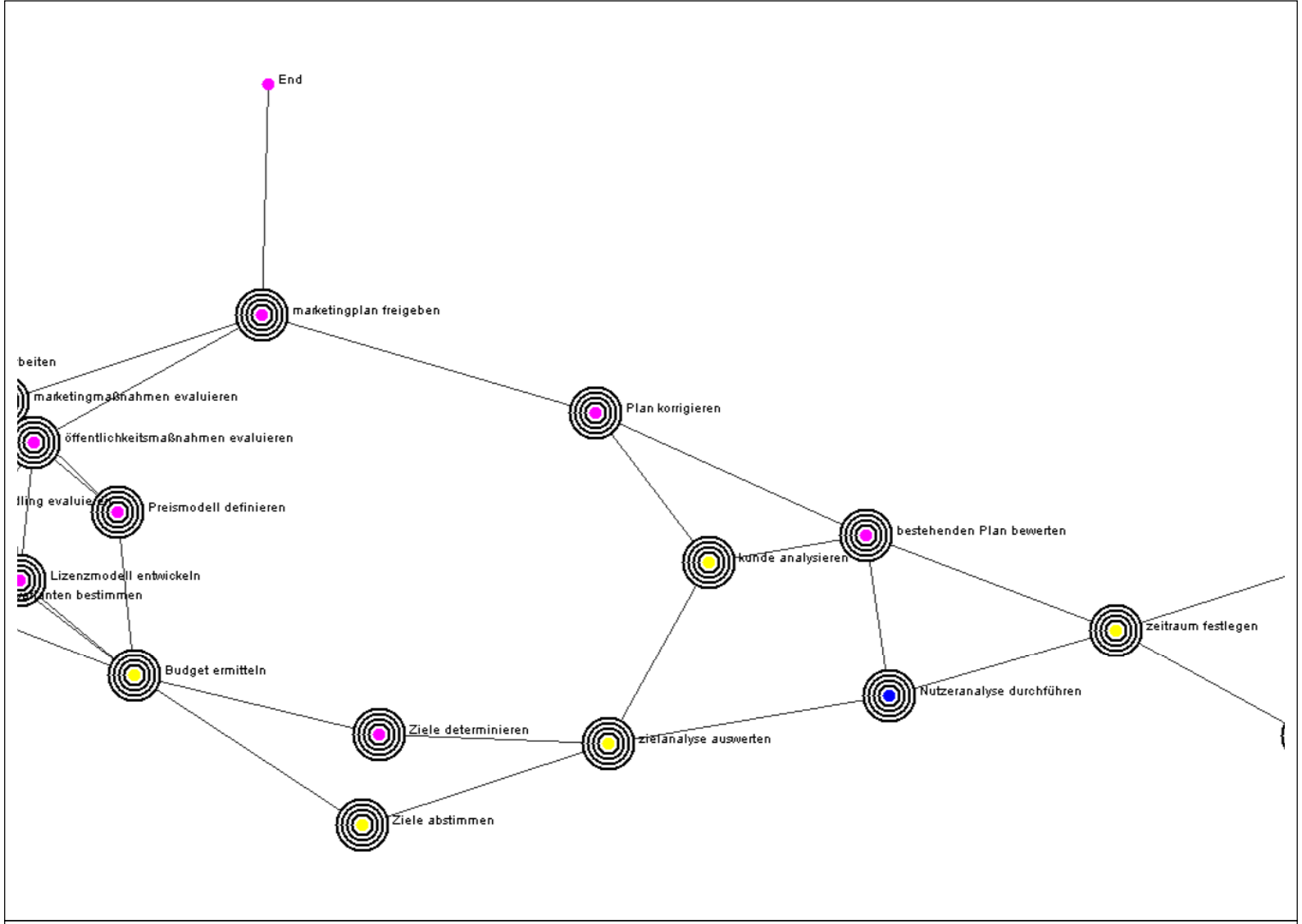
D. Prüfprozesse

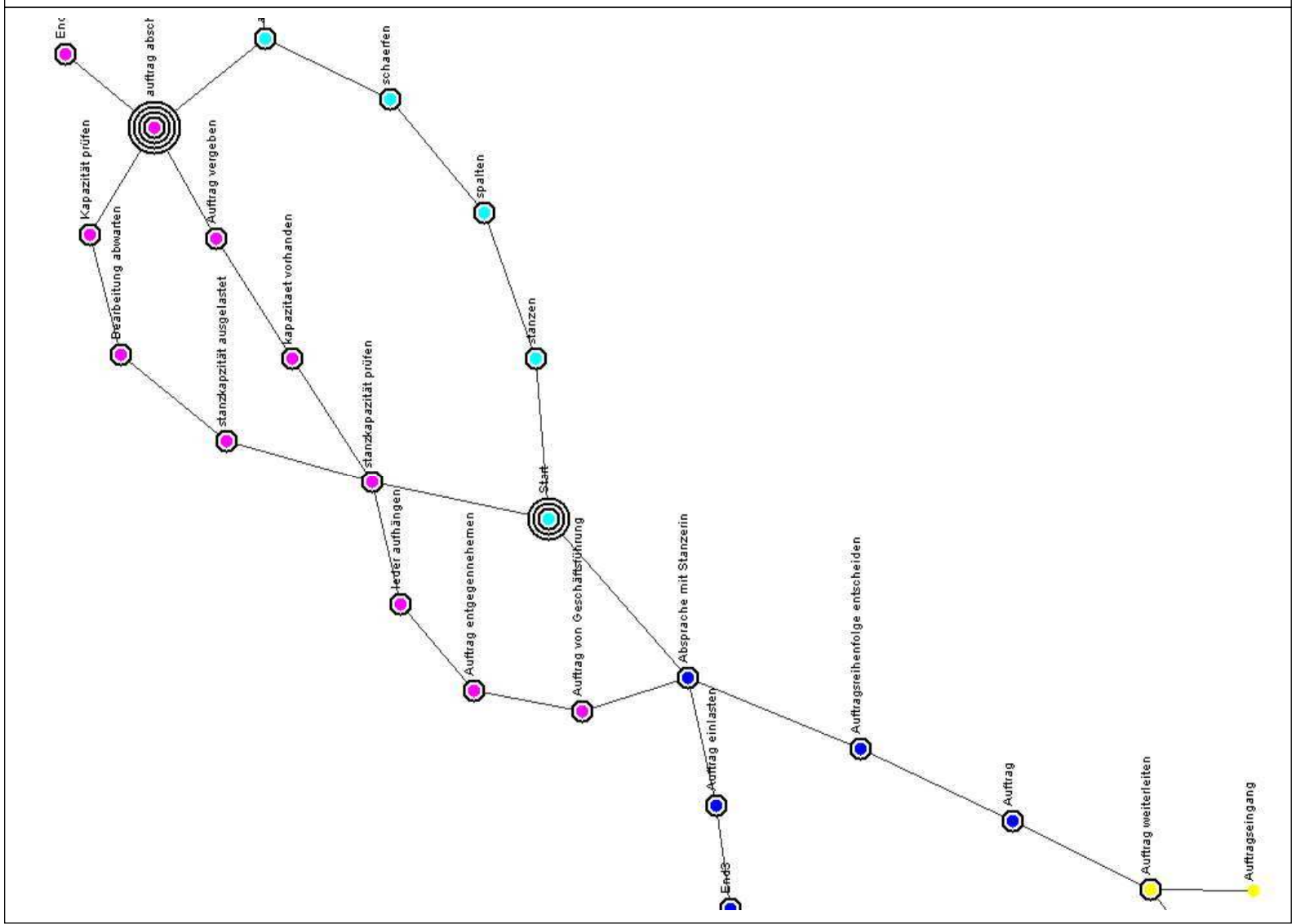

E
Create invoice
Request car data
Receive Car
Start1
Inspect car
release car
end2
Contact customer
contact insurance
enter regulation info
repair car
release car
end3
end4
document case
inform customer
end5

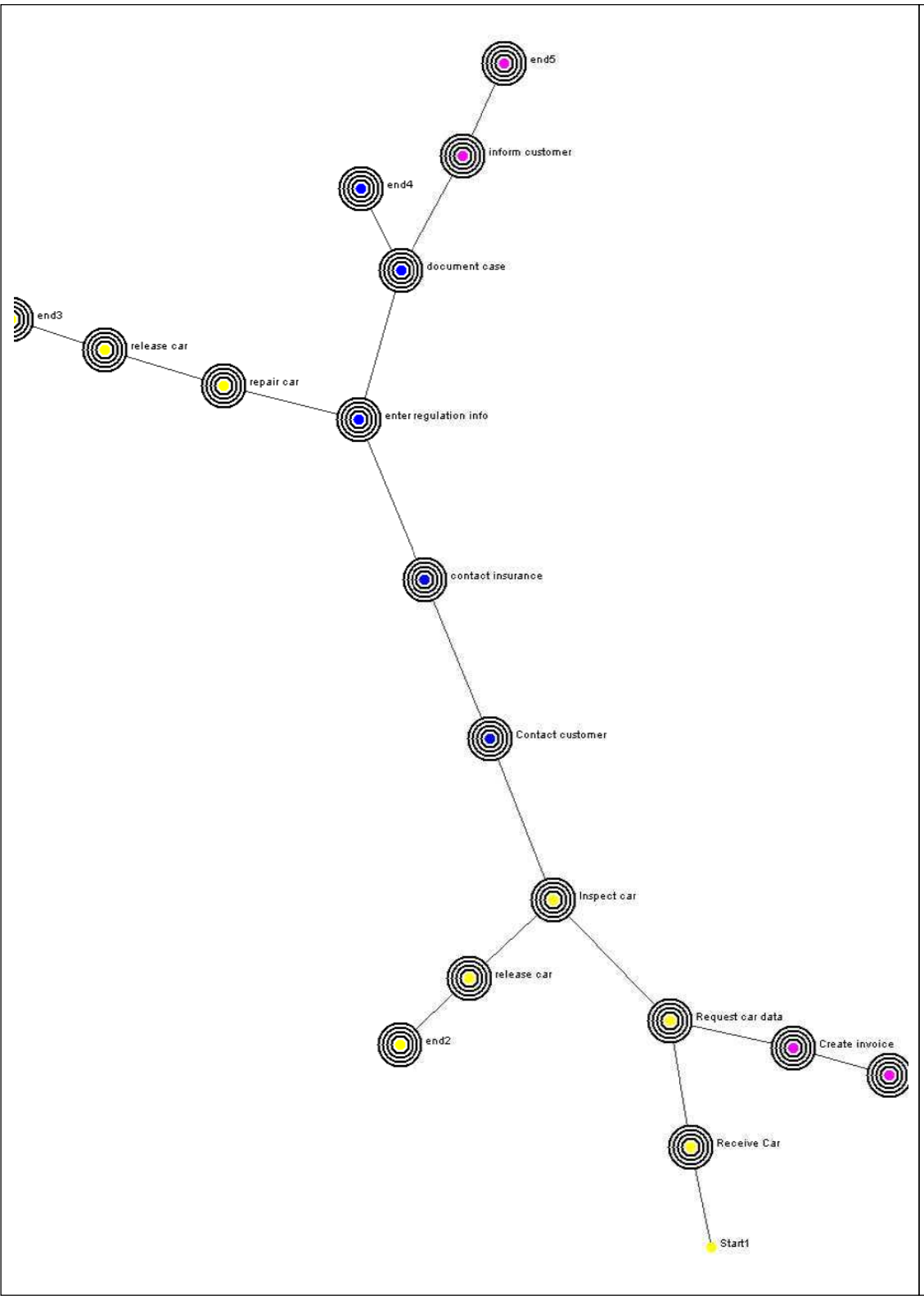

End1
End3
End4
Angebot ablehnen
Police erstellen
Angebot signieren
Antrag speichern
Angebot beantragen
Angebot prüfen
Antrag vorlegen
Antrageinreichen
Antrag prüfen
Anfragedaten erfassen
Daten ermitteln
Angebot vorlegen
Bedarf ermitte
Antrag erstellen
Angebotsdaten erfragen
Kundendaten ermitteln
Angebot erstellen
Anfrage plausibilisieren
Angebot erfragen
Produkt anb
Start1

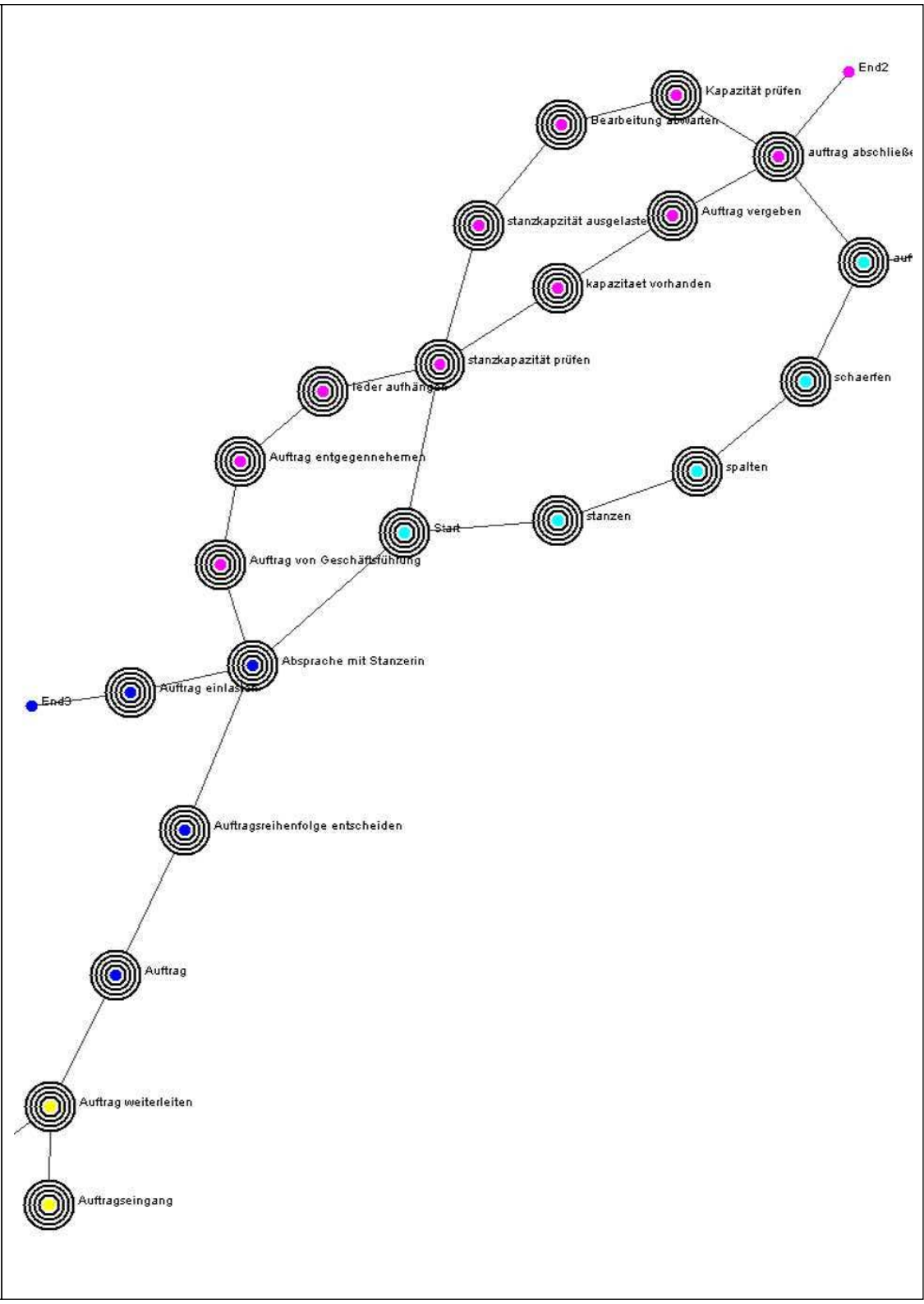

End1
End3
End4
Angebot ablehnen
Police erstellen
Angebot signieren
Angebot beantragen
Angebot prüfen
Antrag vorlegen
Antrageinreichen
Antrag prüfen
Anfragedaten erfassen
Daten ermitteln
Angebot vorlegen
Bedarf ermitteln
Antrag erstellen
Angebot erstellen
Kundendaten ermitteln
Start2
Anfrage plausibilisieren
Angebot erfragen
Produkt anbieten
Start1


End
marketingplan freigeben
Plan korrigieren
Preismodell definieren
bestehenden Plan bewerten
kunde analysieren
Budget ermitteln
Nutzeranalyse durchführen
Ziele determinieren
zielanalyse auswerten
Ziele abstimmen


End
marketingplan freigeben
beiten
marketingmaßnahmen evaluieren
öffentlichkeitsmaßnahmen evaluieren
lling evaluieren
Preismodell definieren
Lizenzmodell entwickeln
anten bestimmen
Budget ermitteln
Plan korrigieren
bestehenden Plan bewerten
kunde analysieren
zeitraum festlegen
Nutzeranalyse durchführen
Ziele determinieren
zielanalyse auswerten
Ziele abstimmen


End
auftrag absch
schaeffen
Kapazität prüfen
Auftrag vergeben
spalten
Bearbeitung abwarten
kapazitaet vorhanden
stanzen
stanzkapzität ausgelastet
stanzkapazität prüfen
Start
Leder aufhängen
Auftrag entgegennehmen
Auftrag von Geschäftsführung
Absprache mit Stanzerin
Auftrag einlasten
Auftragsreihenfolge entscheiden
Auftrag
Auftrag weiterleiten
Auftragseingang
End3


end5
inform customer
end4
document case
end3
release car
repair car
enter regulation info
contact insurance
Contact customer
Inspect car
release car
end2
Request car data
Create invoice
Receive Car
Start1


End2
Kapazität prüfen
Bearbeitung abwarten
auftrag abschließe
stanzkapzität ausgelastet
Auftrag vergeben
kapazitaet vorhanden
stanzkapazität prüfen
schaerfen
Auftrag entgegennehmen
spalten
stanzen
Start
Auftrag von Geschäftsführung
Absprache mit Stanzerin
End3
Auftrag einlasten
Auftragsreihenfolge entscheiden
Auftrag
Auftrag weiterleiten
Auftragseingang

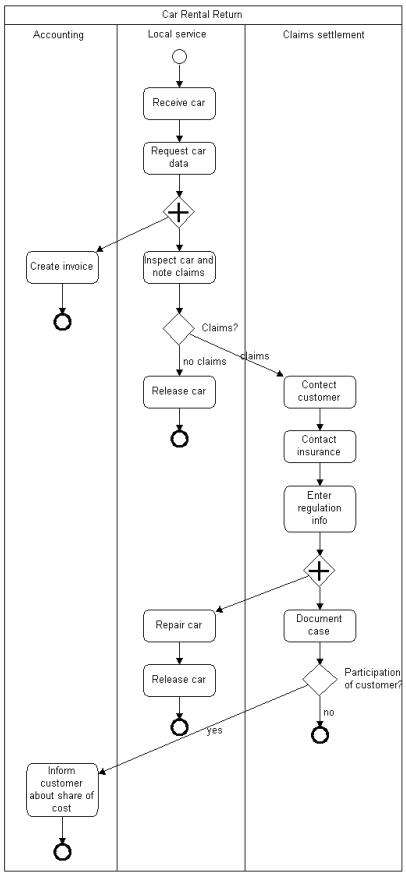
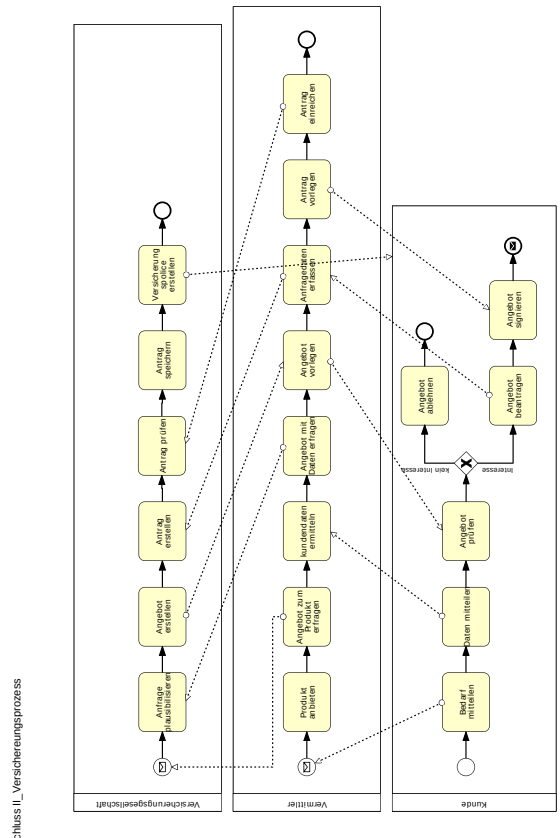
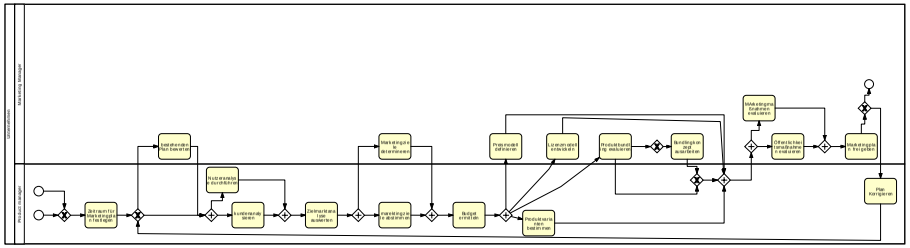


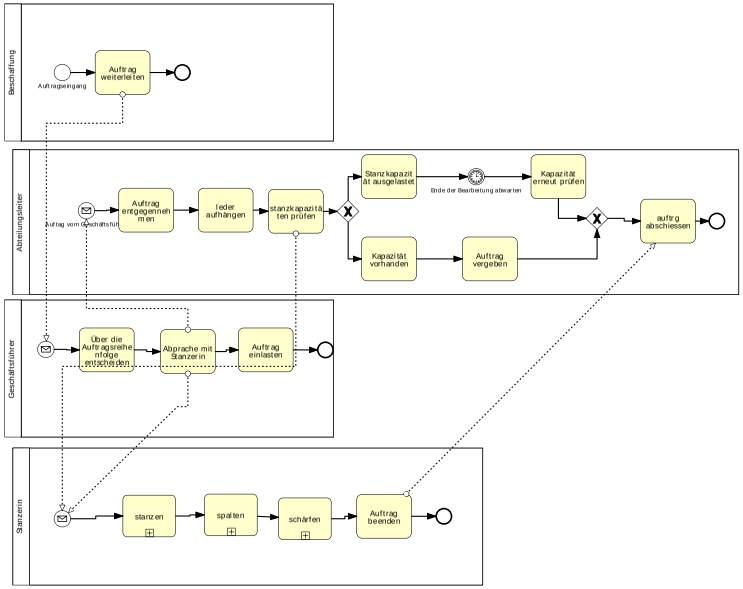
Abbildung 22: BPMN-Modell des Leihwagenrückgabeprozesses



SIGNAVIO



SIGNAVIO



Index	Name enter	LE sent	LE received	#LE	Pulsetaker	closeness	betweenness	degree
9,00	regulation	1,00	1,00	2,00	66,67	43,73	53,59	17,65
11,00	Inspect car	1,00	1,00	2,00	66,67	43,73	52,29	17,65
0,00	Contact	1,00	1,00	2,00	50,00	40,10	47,06	11,76
1,00	contact	1,00	1,00	2,00	100,00	40,10	47,06	11,76
16,00	Request car	1,00	1,00	2,00	33,33	41,78	36,60	17,65
3,00	document	1,00	1,00	2,00	66,67	40,31	28,76	17,65
15,00	repair car	1,00	1,00	2,00	50,00	36,39	19,61	11,76
2,00	Create	1,00	1,00	2,00	0,00	33,60	10,46	11,76
10,00	inform	1,00	1,00	2,00	0,00	32,82	10,46	11,76
12,00	Receive Car	1,00	1,00	2,00	100,00	33,60	10,46	11,76
13,00	release car	1,00	1,00	2,00	0,00	34,92	10,46	11,76
14,00	release car	1,00	1,00	2,00	50,00	31,34	10,46	11,76
4,00	End1	0,00	1,00	1,00	0,00	25,68	0,00	5,88
5,00	end2	0,00	1,00	1,00	0,00	26,64	0,00	5,88
6,00	end3	0,00	1,00	1,00	0,00	24,41	0,00	5,88
7,00	end4	0,00	1,00	1,00	0,00	28,89	0,00	5,88
8,00	end5	0,00	1,00	1,00	0,00	25,19	0,00	5,88
17,00	Start1	1,00	0,00	1,00	100,00	25,68	0,00	5,88
				30,00			34,64	

connectivity	brokering	Lentropie
60,29	82,00	0,26045937
58,82	80,00	0,26045937
52,94	72,00	0,26045937
52,94	72,00	0,26045937
41,18	56,00	0,26045937
32,35	44,00	0,26045937
22,06	30,00	0,26045937
11,76	16,00	0,26045937
11,76	16,00	0,26045937
11,76	16,00	0,26045937
11,76	16,00	0,26045937
11,76	16,00	0,26045937
0,00	0,00	0,16356302
0,00	0,00	0,16356302
0,00	0,00	0,16356302
0,00	0,00	0,16356302
0,00	0,00	0,16356302
0,00	0,00	0,16356302
	53	

P2_Material

Index	Name	LE sent	LE received	# LE	Pulsetaker	closeness	betweenness	degree	brokering	Lentropie
2,00	auftrag abschließen	1,00	3,00	4,00	25,00	38,68	17,00	16,67	48,00	0,29874688
24,00	Start	1,00	2,00	3,00	66,67	42,92	44,00	12,50	124,00	0,25
0,00	Absprache mit Stanzerin	1,00	1,00	2,00	75,00	43,13	49,00	16,67	135,00	0,1910401
22,00	stanzkapazität prüfen	1,00	1,00	2,00	50,00	43,68	33,67	16,67	101,00	0,1910401
10,00	Auftragsreihenfolge entscheiden	1,00	1,00	2,00	150,00	34,94	26,67	8,33	80,00	0,1910401
1,00	Auftrag	1,00	1,00	2,00	50,00	31,16	21,00	8,33	63,00	0,1910401
21,00	stanzen	1,00	1,00	2,00	50,00	35,49	16,00	8,33	48,00	0,1910401
16,00	kapazitaet vorhanden	1,00	1,00	2,00	50,00	36,19	15,67	8,33	47,00	0,1910401
8,00	Auftrag weiterleiten	1,00	1,00	2,00	66,67	29,48	15,00	12,50	45,00	0,1910401
6,00	Auftrag vergeben	1,00	1,00	2,00	50,00	34,69	12,67	8,33	38,00	0,1910401
20,00	spalten	1,00	1,00	2,00	50,00	32,65	13,00	8,33	38,00	0,1910401
3,00	auftrag beenden	1,00	1,00	2,00	0,00	35,21	12,67	12,50	35,00	0,1910401
19,00	schaerfen	1,00	1,00	2,00	50,00	32,19	10,67	8,33	30,00	0,1910401
23,00	stanzkapzität ausgelastet	1,00	1,00	2,00	50,00	35,08	9,33	8,33	28,00	0,1910401
4,00	Auftrag einlasten	1,00	1,00	2,00	0,00	32,79	7,67	8,33	23,00	0,1910401
11,00	Bearbeitung abwarten	1,00	1,00	2,00	50,00	32,40	6,33	8,33	18,00	0,1910401
17,00	Kapazität prüfen	1,00	1,00	2,00	50,00	32,57	4,00	8,33	10,00	0,1910401
18,00	leder aufhängen	1,00	1,00	2,00	150,00	34,18	3,33	8,33	10,00	0,1910401
7,00	Auftrag von Geschäftsführung	1,00	1,00	2,00	150,00	33,83	6,67	8,33	8,00	0,1910401
5,00	Auftrag entgegennehemen	1,00	1,00	2,00	50,00	32,05	3,00	8,33	1,00	0,1910401
12,00	end1	0,00	1,00	1,00	0,00	22,21	0,00	4,17	0,00	0,11635339

P2_Material

13,00	End2	0,00	1,00	1,00	0,00	27,11	0,00	4,17	0,00	0,11635339
14,00	End3	0,00	1,00	1,00	0,00	25,05	0,00	4,17	0,00	0,11635339
15,00	end4	0,00	1,00	1,00	0,00	25,62	0,00	4,17	0,00	0,11635339
9,00	Auftragseingang	1,00	0,00	1,00	200,00	22,21	0,00	4,17	0,00	0,11635339
		0,84	1,08	48,00			16	8,33	48	0,1910401

P3_MarketingI

Index	Name	LE sent	LE received	#LE	Pulsetaker	closeness	betweenness	degree	connectivity	brokering
0,00	bestehenden Plan b	1,00	2,00	3,00	75,00	48,25	21,05	21,05	0,00	26,00
1,00	Budget ermitteln	1,00	2,00	3,00	83,33	54,74	21,05	31,58	0,00	23,00
2,00	Bundlingkonzept au	1,00	1,00	2,00	166,67	43,77	0,53	15,79	0,00	0,00
3,00	End	0,00	1,00	1,00	0,00	34,91	0,00	5,26	0,00	0,00
4,00	kunde analysieren	1,00	2,00	3,00	100,00	46,05	4,74	15,79	0,00	5,00
5,00	Lizenzmodell entwic	1,00	1,00	2,00	66,67	46,23	7,89	15,79	0,00	0,00
6,00	marketingmaßnahm	1,00	5,00	6,00	83,33	55,18	24,74	31,58	0,00	0,00
7,00	marketingplan freig	1,00	2,00	3,00	50,00	51,75	31,58	21,05	10,53	46,00
8,00	Nutzeranalyse durch	1,00	2,00	3,00	66,67	45,35	6,32	15,79	0,00	12,00
9,00	Plan korrigieren	1,00	1,00	2,00	66,67	48,68	25,26	15,79	0,00	35,00
10,00	Preismodell definier	1,00	1,00	2,00	166,67	46,23	0,00	15,79	0,00	0,00
11,00	Produktbundling ev	1,00	1,00	2,00	75,00	48,86	2,11	21,05	0,00	4,00
12,00	Produktvarianten be	1,00	1,00	2,00	166,67	46,23	0,00	15,79	0,00	0,00
13,00	Start1	1,00	0,00	1,00	300,00	30,96	0,00	5,26	0,00	0,00
14,00	Start2	1,00	0,00	1,00	300,00	30,96	0,00	5,26	0,00	0,00
15,00	zeitraum festlegen	1,00	2,00	3,00	75,00	44,74	18,42	21,05	20,47	35,00
16,00	zielanalyse auswert	1,00	2,00	3,00	75,00	49,12	14,74	21,05	0,00	24,00
17,00	Ziele abstimmen	1,00	1,00	2,00	250,00	44,47	11,58	10,53	0,00	0,00
18,00	Ziele determinieren	1,00	1,00	2,00	250,00	44,47	0,00	10,53	0,00	0,00
19,00	öffentlichkeitsmaßn	1,00	5,00	6,00	83,33	55,18	0,00	31,58	0,00	0,00
		0,95	1,65	52,00			19,08	21,05		23,25

brokering imp	Lentropie
7,58	0,14980252
10,52	0,14980252
0,00	0,11406336
0,00	0,06916494
0,99	0,14980252
0,00	0,11406336
0,00	0,22680545
42,15	0,14980252
2,36	0,14980252
14,55	0,11406336
0,00	0,11406336
0,80	0,11406336
0,00	0,11406336
0,00	0,06916494
0,00	0,06916494
54,28	0,14980252
11,93	0,14980252
0,00	0,11406336
0,00	0,11406336
0,00	0,22680545
	0,14980252

Index	Name	LE sent	LE received	#LE	Pulsetaker	closeness
6,00	Angebot prüfen	1,00	3,00	4,00	20,00	50,45
0,00	Anfrage plausibil	1,00	2,00	3,00	66,67	37,82
1,00	Anfragedaten erl	1,00	2,00	3,00	75,00	44,29
7,00	Angebot signiere	1,00	2,00	3,00	66,67	37,37
8,00	Angebot vorlege	1,00	2,00	3,00	75,00	47,12
10,00	Antrag erstellen	1,00	2,00	3,00	66,67	40,13
11,00	Antrag prüfen	1,00	2,00	3,00	66,67	38,65
21,00	Kundendaten err	1,00	2,00	3,00	66,67	40,77
2,00	Angebot ablehne	1,00	1,00	2,00	50,00	36,28
3,00	Angebot beantra	1,00	1,00	2,00	66,67	42,88
4,00	Angebot erfrage	1,00	1,00	2,00	66,67	36,58
5,00	Angebot erstelle	1,00	1,00	2,00	66,67	40,77
9,00	Angebotsdaten e	1,00	1,00	2,00	66,67	41,28
12,00	Antrag speichern	1,00	1,00	2,00	100,00	35,90
13,00	Antrag vorlegen	1,00	1,00	2,00	66,67	38,78
14,00	Antrageinreicher	1,00	1,00	2,00	0,00	36,14
15,00	Bedarf ermitteln	1,00	1,00	2,00	66,67	36,96
16,00	Daten ermitteln	1,00	1,00	2,00	133,33	43,72
22,00	Police erstellen	1,00	1,00	2,00	133,33	40,96
23,00	Produkt anbieter	1,00	1,00	2,00	50,00	30,75
24,00	Start1	1,00	1,00	2,00	100,00	32,86
25,00	Start2	1,00	1,00	2,00	50,00	31,29
17,00	End1	0,00	1,00	1,00	0,00	29,42
18,00	End2	0,00	1,00	1,00	0,00	26,36
19,00	End3	0,00	1,00	1,00	0,00	27,22
20,00	End4	0,00	1,00	1,00	0,00	27,32
26,00	Start3	1,00	0,00	1,00	200,00	27,06
		0,85	1,30	58,00	70,84	40,87

betweenness	degree	connectivity	brokering	brokering imp	Lentropie
41,31	19,23	14,77	141,00	53,47	0,26606765
10,26	11,54	0,00	16,00	2,04	0,2210182
17,66	15,38	0,00	19,00	1,85	0,2210182
8,83	11,54	7,69	25,00	33,78	0,2210182
15,38	15,38	0,00	34,00	3,22	0,2210182
6,84	11,54	0,00	19,00	2,12	0,2210182
7,41	11,54	0,00	22,00	2,95	0,2210182
10,26	11,54	0,00	26,00	3,02	0,2210182
7,12	7,69	7,69	25,00	33,83	0,16751659
22,22	11,54	0,00	24,00	3,48	0,16751659
7,98	11,54	0,00	18,00	2,56	0,16751659
12,82	11,54	0,00	14,00	1,53	0,16751659
5,13	11,54	0,00	17,00	1,44	0,16751659
4,27	7,69	0,00	15,00	1,96	0,16751659
8,55	11,54	0,00	16,00	2,05	0,16751659
8,26	11,54	7,69	29,00	33,72	0,16751659
12,82	11,54	7,69	41,00	34,72	0,16751659
24,50	11,54	0,00	82,00	14,89	0,16751659
13,39	11,54	7,69	45,00	35,28	0,16751659
1,99	7,69	0,00	3,00	0,44	0,16751659
4,27	7,69	0,00	9,00	0,79	0,16751659
1,71	7,69	0,00	2,00	0,35	0,16751659
0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,10099967
0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,10099967
0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,10099967
0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,10099967
0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,10099967
12,82	11,54	0,00	25,50	9,19	0,22

E. Zufallsnetzwerke

Watts	_diameter	_nodes	_linkevents	_isolated_nod	_selflinks	_links	_clustering_co	_connectivity	_pathlength	_reach
	8,66	32,75	28,18	0,05	0,00	37,67	0,07	0,07	3,25	0,76
Prozesse	10,79	33,77	29,79	0,05	0,00	41,89	5,96	10,35	4,35	98,88
UMAN	avg_metric_d	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_cl	avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_a
	6,78	32,75	28,18	2,34	0,00	37,92	0,10	0,05	2,73	0,82
Prozesse	10,79	33,77	29,79	0,05	0,00	41,89	5,96	10,35	4,35	98,88
Bernoulli	avg_metric_d	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_n	avg_metric_cl	avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_a
	6,80	32,75	40,47	2,64	0,00	37,35	0,10	0,06	2,73	0,80
prozesse	10,79	33,77	29,79	0,05	0,00	41,89	5,96	10,35	4,35	98,88

_closeness_ce	_betweenness	_degree_cent	_link_strengt	_density						
0,27	0,10	0,10	0,85	0,10						
36,00	14,14	12,69	1,01	12,69						
avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_density						
0,34	0,08	0,13	0,83	0,10						
36,00	14,14	12,69	1,01	12,69						
avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_a	avg_metric_density						
0,33	0,09	0,13	0,87	0,10						
36,00	14,14	12,69	1,01	12,69						

Abbildung E.0.1.: Ergebnisse der Erstellung von Zufallsnetzwerken