

Fuzzy Business Process Management: Geschäftsprozessmanagement unter Berücksichtigung unscharfer Daten

Oliver Thomas, Thorsten Dollmann

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI),
Universität des Saarlandes
Stuhlsatzenhausweg 3, Geb. D3 2, 66123 Saarbrücken
{oliver.thomas|thorsten.dollmann}@iwi.dfki.de

Zusammenfassung: Das Management von Geschäftsprozessen ist in der Unternehmenspraxis häufig dadurch charakterisiert, dass Entscheidungsprämissen nicht in Form mathematischer Modelle oder numerischer Werte vorliegen. Entschlüsse sind durch Abwägung und Kreativität gekennzeichnet und werden meist aus unscharfen Bedingungen wie „geringe Durchlaufzeit“ oder „hohe Qualität“ abgeleitet. Obwohl die in diesen Prämissen verwendeten Adjektive nicht präzise sind, ist mit ihnen zur Erfassung einer konkreten Unternehmenssituation zusätzliche und bedeutsame Information verbunden. Für das Geschäftsprozessmanagement besitzen daher verbale Informationen sowie vage formulierte Aussagen, Prämissen, Zielvorstellungen und Restriktionen einen hohen Stellenwert. Der vorliegende Beitrag zeigt, wie unscharfe Bedingungen und vage formulierte Zielvorstellungen mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie in Geschäftsprozessmodellen berücksichtigt werden können. Diese Erweiterung der Prozessmodellierung erfolgt am Beispiel der Ereignisgesteuerten Prozesskette.

1 Unschärfe im Geschäftsprozessmanagement

Die Ziele gegenwärtiger Business-Engineering-Projekte liegen in der Gestaltung der Geschäftsprozesse sowie in der Analyse der Anforderungen an deren IT-Unterstützung unter Berücksichtigung von Unternehmensstrategien [ÖsWi2003]. Die Prozessgestaltung muss dabei einem umfassenden Ansatz folgen, der sowohl die Planung und Kontrolle als auch die Steuerung – das Management – der betrieblichen Abläufe umfasst [BKRo2005]. Zur Unterstützung eines systematischen Vorgehens bei der Prozessgestaltung hat sich die Modellierung als hilfreich erwiesen. Modellierungssprachen, wie z.B. die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) [KNSc1992, STAd2005], dienen der Explikation der Modelle. Softwarewerkzeuge zur Geschäftsprozessmodellierung, wie z.B. das ARIS-Toolset [IDS2003], können den Business Engineer durch Systemkomponenten zur Erhebung, Analyse und Simulation von Geschäftsprozessmodellen unterstützen.

Zur Erfassung und Verbesserung von Geschäftsprozessen, deren Generalisierung in Referenzmodellen sowie zur unternehmensspezifischen Anpassung im Customizing sind zahlreiche Konzepte erarbeitet worden, die situationsspezifische Problemstellungen betrachten. Viele Ansätze legen einen Schwerpunkt auf die nutzerfreundliche und intuitive Verwendbarkeit der Methoden, indem diese an menschliche Denkweisen angenähert werden. Dabei werden jedoch für notwendige Entscheidungen die exakte Quantifizierung und Formalisierung der Entscheidungsregeln verlangt. Bei Geschäftsprozessen liegen jedoch vielfach nur unsichere, unpräzise und vage Informationen über die häufig nicht technisch determinierten Abläufe vor [Völk1998, Fort2002, Hüss2003]. Ebenso ist das der Prozessgestaltung zu Grunde liegende Zielsystem in der Regel durch ungenaue Formulierungen und implizite Interdependenzen geprägt. Dies demonstriert beispielsweise die Aussage „die Durchlaufzeit von Aufträgen mit ‚sehr hoher‘ Priorität soll unter Beibehaltung einer ‚hohen‘ Bearbeitungsqualität ‚wesentlich‘ gesenkt werden, indem die Bearbeitungsintensität ‚angemessen‘ reduziert wird“. In diesem Beispiel können weder die konkrete Ausprägung der beiden genannten Ziele bzgl. Durchlaufzeit und Bearbeitungsqualität noch die abgeleitete Maßnahme ohne Informationsverlust quantifiziert und damit unmittelbar verarbeitbar gemacht werden. Informations-, insbesondere Referenzmodelle, sowie Methoden zu deren unternehmensspezifischer Adaption berücksichtigen diese Formen der Unschärfe nach wie vor unzureichend.

Diesem Umstand soll in diesem Beitrag durch die Erweiterung von Prozessmodellierungssprachen zur Berücksichtigung und Verarbeitung von Unschärfe mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie begegnet werden. Diese unscharfe Erweiterung wird am Beispiel der EPK nachvollzogen.

Die Auswahl der Prozessmodellierungssprache EPK ist maßgeblich anhand ihrer Popularität in der Modellierungspraxis begründet. Die vorgestellte Erweiterung ist jedoch nicht auf die EPK oder „verwandte“ Modellierungssprachen eingeschränkt, wobei mit letzterem Begriff auf Sprachen verwiesen sein soll, die analog zur EPK bspw. keine formale Semantik besitzen oder ebenfalls dem Paradigma der strukturierten Systementwicklung folgen. Der präsentierte Ansatz lässt sich auch auf objektorientierte Modellierungssprachen (z.B. UML-Aktivitätsdiagramm) oder Modellierungssprachen, die eine formale Semantik aufweisen (z.B. Petri-Netz), übertragen. Der Beitrag beschreibt die dazu erforderlichen Schritte und Werkzeuge und ist wie folgt gegliedert: Zunächst wird der Begriff „Unschärfe“ präzisiert sowie die Berücksichtigung unscharfer Daten mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie motiviert (Abschnitt 2). Anschließend wird in Abschnitt 3 die EPK als Modellierungssprache eingeführt, formal definiert sowie um die zur Fuzzifizierung notwendigen Sprachkonstrukte erweitert. Die Einführung der Fuzzy-EPK, die auf einer Attributierung der EPK-Sprachkonstrukte aufbaut, erfolgt in Abschnitt 4. In Abschnitt 5 werden Anwendungsszenarien des entwickelten Konzepts aufgezeigt. Der Beitrag schließt mit der Analyse verwandter Arbeiten in Abschnitt 6 und der Diskussion der Ergebnisse in Abschnitt 7.

2 Von scharfen zu unscharfen Mengen

In der Literatur existiert keine einheitliche Definition des Unschärfebegriffs – es scheint fast so, als müsse das Verständnis dieses Begriffs selbst unscharf sein. Unschärfe wird meist durch eine Abgrenzung gegenüber deterministischen, stoch-

astischen und unsicheren Informationszuständen definiert [Rehf1998, 39]. Als Unschärfe wird in diesem Beitrag die Unsicherheit hinsichtlich von Daten und ihrer Interdependenzen verstanden. Auslöser der Unschärfe können die Realität selbst, die Sprache als Modellbildung über die Realität oder die Verwendung der Sprache sein [Dosc1993, 76f] (vgl. Abb. 2-1).

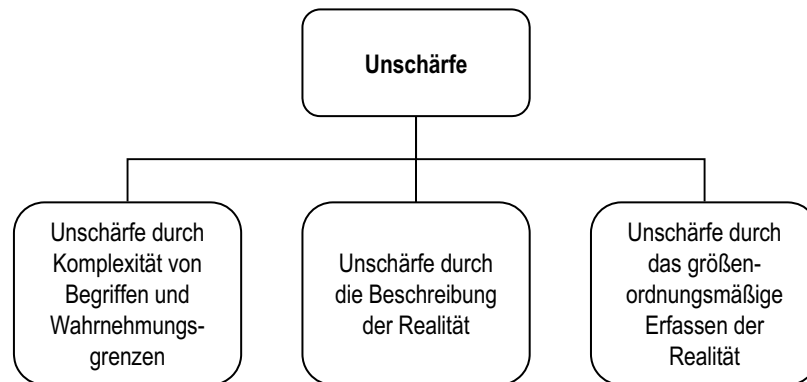


Abb. 2-1: Unschärfeaspekte

Die Komplexität des Umweltsystems und die Wahrnehmungsgrenzen des Menschen bedingen informationale Unschärfe. So enthalten beispielsweise wissensintensive Prozesse kurzlebige Informationen aus einer Vielzahl von Quellen, sodass zu einem festen Zeitpunkt nur ein Teil des Gesamtprozesses erfasst werden kann, der jedoch während der Erfassung anderer Teilaspekte bereits veraltet. Menschliche Präferenzordnungen sind in vielen Situationen nicht exakt bestimmbar, sodass es zu einer mit der informationalen Unschärfe verwandten Vagheit des Zielsystems kommt. So impliziert z. B. das Ziel „wesentliche Verminderung der Durchlaufzeit“ zwar Maßnahmen, jedoch lassen sich wegen der nicht explizierten Höhe der angestrebten Änderung und der unklaren Wertungsinterdependenzen mit anderen Zielen keine exakten Handlungen ableiten.

Die Beschreibung der Realität mit natürlicher Sprache erzeugt die intrinsische (auch: verbale oder linguistische) Unschärfe. Sowohl die Bildung eines sprachlichen Modells als auch die Kontextsensitivität von sprachlichen Aussagen tragen zur Entstehung dieser Unschärfe bei. Hiermit ist auch die Ungenauigkeit in sprachlichen Vergleichen eng verbunden. Die Aussage „der Objektwert ist viel höher als x“ ist ein Beispiel hierfür.

Das für den Menschen übliche größenordnungsmäßige Erfassen der Realität erzeugt ebenfalls Unschärfe. Die Verwendung ungenauer Daten kann jedoch vorteilhaft sein, wenn geeignete Messmethoden fehlen, der Realweltausschnitt von hoher Dynamik geprägt ist oder nicht exakt ermittelbare Abhängigkeiten bestehen.

Bei der Entwicklung von Modellen und der dazu notwendigen Quantifizierung verbaler Attribute sollte die Unschärfe qualitativer Problemstellungen als verhaltensrelevant akzeptiert werden. Die Fuzzy-Set-Theorie versucht die Trennung zwischen einer modell- und verfahrenstechnisch notwendigen Präzision einerseits sowie einer empirisch wünschenswerten Berücksichtigung qualitativer Informationen andererseits zu überwinden und einen Anteil an fehlender Präzision sowie Vagheit und Unsicherheit bei Modellierungsprozessen zu tolerieren.

Die Fuzzy-Set-Theorie als heutiges Teilgebiet des Soft Computing hat sich Mitte der 1960er-Jahre entwickelt [Zade1965]. Kernpunkt der Fuzzy-Theorie ist es, Zustände (von Objekten) nicht ausschließlich mit „wahr“ oder „falsch“ zu bewerten, sondern Zwischenstufen zuzulassen. Der ursprünglichen Idee von Zadeh folgend, wird die klassische Mengenlehre, d.h. die Theorie der scharfen Mengen, durch die Beschreibungen und Verknüpfungen unscharfer Mengen (Fuzzy-Mengen) erweitert: Für jedes Element ω einer vorgegebenen (scharfen) Grundmenge Ω wird der Grad der Zugehörigkeit zu einer Teilmenge $A \subseteq \Omega$ durch einen Wert $\mu_A(\omega)$ einer Abbildung $\mu_A : \Omega \rightarrow [0;1]$ ausgedrückt. Man wählt diese Zugehörigkeitsgrade aus dem Intervall $[0;1]$ und gibt folgende Interpretation: Je größer der Zugehörigkeitsgrad eines Elements bzgl. einer (unscharfen) Menge ist, desto mehr gehört das Element zu dieser Menge. μ_A wird Zugehörigkeitsfunktion der unscharfen Menge (Fuzzy-Menge) $\{(\omega, \mu_A(\omega)) \mid \omega \in \Omega\}$ genannt.

Mit Fuzzy-Mengen lassen sich linguistische Variablen [Zade1973] formulieren, die natürlichsprachliche Ausdrücke – so genannte linguistische Terme – als Werte annehmen. Abb. 2-2 zeigt die linguistische Variable „Auftragswert“. Sie weist die Terme „gering“, „mittel“ und „hoch“ auf. Die Zugehörigkeiten eines Objektwerts zu diesen unscharfen Mengen sind durch die Zugehörigkeitsfunktionen μ_{gering} , μ_{mittel} und μ_{hoch} ausgedrückt. Der Objektwert 70.000 € gehört z. B. zu 0.5 sowohl zur Fuzzy-Menge „mittel“ als auch zur Fuzzy-Menge „hoch“. Diese Abbildung scharfer Werte auf unscharfe Mengen heißt Fuzzifizierung. In einem scharfen Kontext wäre es nur möglich, z. B. einen Objektwert ab 70.000 € als „hohen“ Auftragswert zu charakterisieren, während 69.999 € bereits als „mittel“ gelten würde.

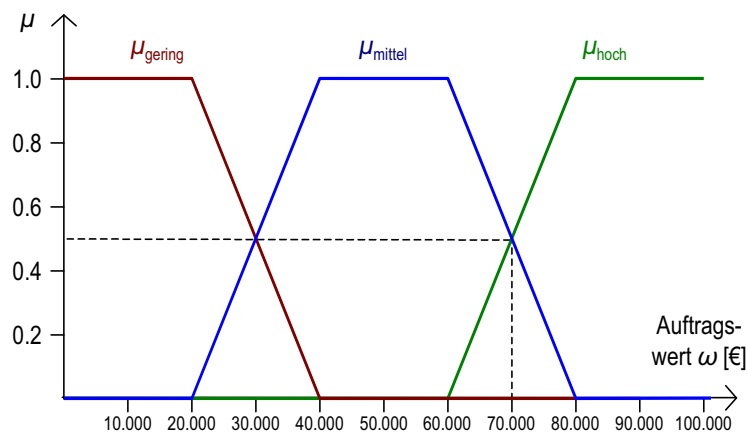


Abb. 2-2: Linguistische Variable „Auftragswert“

Ein Fuzzy-System besteht aus Ein- und Ausgangsvariablen, deren jeweilige Terme durch Regeln, bestehend aus Prämissen- und Konklusionsteil, z. B. der Form „WENN Kundeneinschätzung = mittel UND Auftragsvolumen = sehr hoch DANN Kundenauftragsbewertung = hoch“, miteinander verknüpft sind. Durch Inferenzverfahren werden die Eingangs- und Ausgangsvariablen einander zugeordnet. Für eine ausführbare Aktion, z. B. „Priorität festlegen“, wird ein scharfer Wert der Ausgangsvariablen benötigt. Ein Defuzzifizierungsschritt liefert diesen scharfen Wert.

Fuzzy-Systeme werden erfolgreich in den Bereichen Regelungstechnik, Sensorik und Datenanalyse bzw. Entscheidungsunterstützung eingesetzt. Fuzzy-Software-Werkzeuge – kurz: Fuzzy-Werkzeuge – unterstützen den Benutzer bei der Planung, Modellierung, Analyse, Simulation, und Umsetzung der Fuzzy-Systeme.

3 Prozessmodellierung mit der EPK

3.1 Grundlegende Sprachkonstrukte der EPK

Seit Beginn der 1990er-Jahre wird eine Vielzahl von Modellierungssprachen zur Beschreibung von Geschäftsprozessen eingesetzt, z.B. Flussdiagramme in Form von Struktogrammen, Programmablauf- oder Datenflussplänen, Datenflussdiagramme im Rahmen der Structured Analysis (SA)-Methode, der Netzplan, das Vorgangskettendiagramm (VKD), das Petri-Netz, die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) sowie Ansätze zur Prozessmodellierung im Rahmen objektorientierter Modellierungsmethoden. Zur Konstruktion von Geschäftsprozessmodellen auf fachlicher Ebene hat sich aufgrund ihrer Anwendungsorientierung und umfassenden Werkzeugunterstützung insbesondere im deutschsprachigen Raum die Ereignisgesteuerte Prozesskette etabliert. Sie wurde am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi), Saarbrücken, in Zusammenarbeit mit der SAP AG entwickelt [KNSc1992] und ist Bestandteil des ARIS-Toolset der IDS SCHEER AG sowie des Business Engineering und Customizing des SAP R/3-Systems.

In graphentheoretischer Terminologie ist ein EPK-Modell ein gerichteter und zusammenhängender Graph, dessen Knoten Ereignisse, Funktionen und Verknüpfungsoperatoren sind. Abb. 3-1 zeigt ein EPK-Modell der Kundenauftragsbearbeitung, anhand dessen die grundlegenden Sprachkonstrukte der EPK sowie ihre jeweiligen Repräsentationsformen erläutert werden.

Ereignisse sind die passiven Elemente der EPK. Sie beschreiben das Eintreten eines Zustands und werden durch Sechsecke dargestellt. Funktionen, die durch an den Ecken abgerundete Rechtecke repräsentiert werden, sind die aktiven Elemente der EPK. Der Funktionsbegriff wird in der EPK mit dem der Aufgabe gleichgesetzt. Während zur Bezeichnung der Funktionen in der Literatur [z.B. HKSc1992, 5] vorgeschlagen wird, das jeweilige Objekt der Bearbeitung und ein Verb im Infinitiv zur Kennzeichnung der zu verrichtenden Tätigkeit zu verwenden (z.B. „Kundenauftrag definieren“, vgl. Abb. 3-1), wird für Ereignisse empfohlen, das Objekt, das eine Zustandsänderung erfährt, mit einem Verb im Partizip Perfekt zu verbinden, das die Art der Änderung beschreibt (z.B. „Kundenauftrag (ist) definiert“, vgl. Abb. 3-1).

Ereignisse lösen Funktionen aus und sind deren Ergebnis. Diese beiden Beziehungen zwischen Funktionen und Ereignissen werden durch Kontrollflusskanten, die durch Pfeile repräsentiert werden, dargestellt. Um auszudrücken, dass eine Funktion durch ein oder mehrere Ereignisse gestartet werden bzw. eine Funktion ein oder mehrere Ereignisse als Ergebnis erzeugen kann, werden Verknüpfungsoperatoren (Konnektoren) eingeführt. Dabei wird in Anlehnung an die Terminologie der Aussagenlogik zwischen konjunktiven „ \wedge “, adjunktiven „ \vee “ und disjunktiven Verknüpfungen „ \otimes “ unterschieden (vgl. Abb. 3-1). Die entsprechenden Konnektoren werden vereinfacht als AND-, OR- bzw. XOR-Operatoren bezeichnet.

Mit diesen Informationen ergibt sich für das in Abb. 3-1 dargestellte Prozessmodell die folgende Interpretation: Das Modell beschreibt den Ablauf zur Definition und Durchführung von Prüffunktionen für einen Kundenauftrag. Die Entscheidung über die Annahme oder die Ablehnung des Kundenauftrags wird durch die parallele Ausführung verschiedener Teilfunktionen getroffen. Der Kundenauftrag wird auf technische Machbarkeit und aus kaufmännischer Sicht geprüft, ferner werden die Kundenbonität und die Verfügbarkeit des Produkts ermittelt. Negativergebnisse, wie z. B. „Kundenauftrag technisch nicht machbar“ oder „Kundenbonität nicht gegeben“, führen zur Ablehnung des Kundenauftrags durch die Funktion „Kundenauftrag ablehnen“.

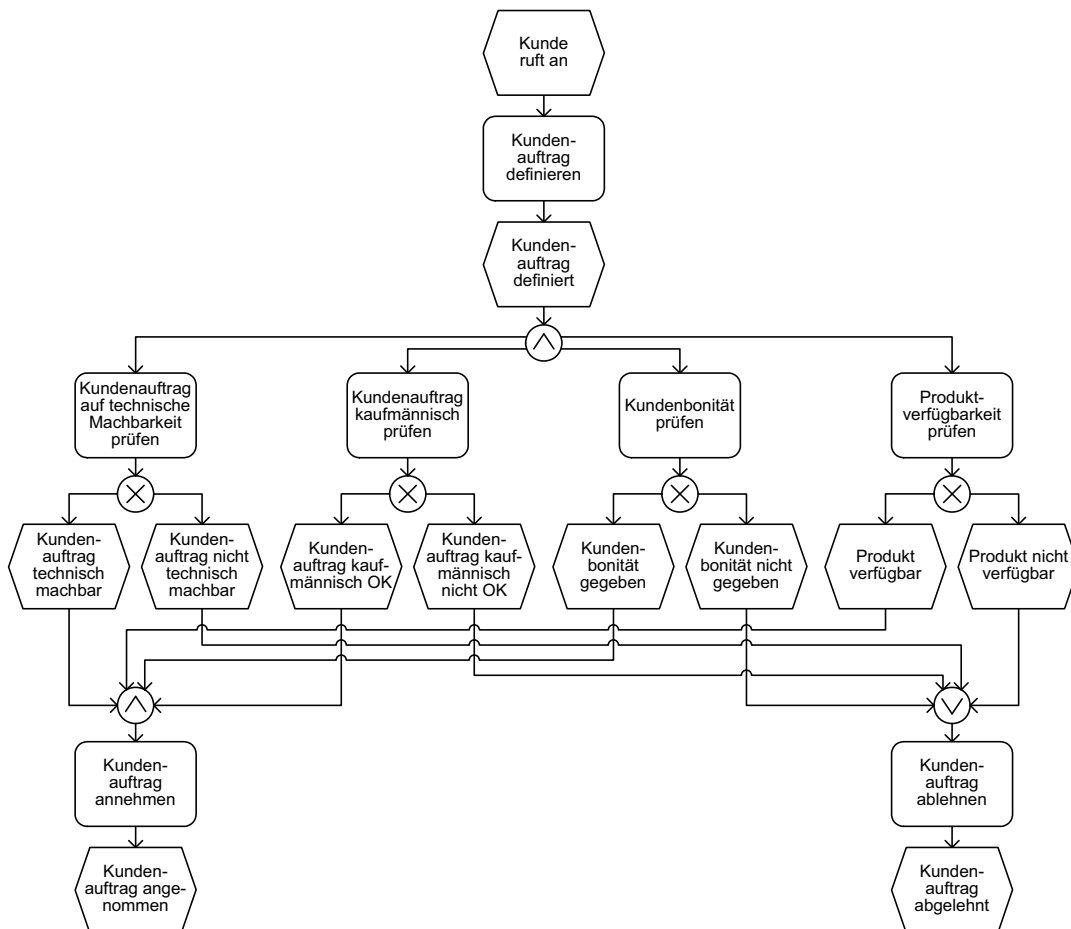


Abb. 3-1: EPK-Modell der Kundenauftragsbearbeitung

3.2 Formalisierung der EPK

Die von Keller, Nüttgens und Scheer [KNSc1992] eingeführte Notation der Ereignisgesteuerten Prozesskette wurde zunächst als eine nicht vollständig formalisierte Notation entwickelt und ohne eine feste formale Semantik benutzt. Zur Dokumentation von Prozessen und zur Verwendung der Modelle als Diskussionsgrundlage ist dies ausreichend. Für eine Konsistenzprüfung oder eine automatisierte Verarbeitung von EPK-Modellen, z. B. in Werkzeugen zur Simulation oder Verifikation, ist jedoch eine formale Definition der Syntax und Semantik der Modelle erforderlich.

Im akademischen Umfeld werden verschiedene Ansätze zur formalen Syntax- und Semantikdefinition der EPK vorgeschlagen und diskutiert [Aals1999, NüRü99, ADKi2002, Kind2004, Kind2006, RoAw06]. Im Folgenden stellen wir eine formale Definition der Syntax von EPK-Modellen in Anlehnung an [RoAa2006] vor, um darauf aufbauend eine präzise Definition einer unscharfen Erweiterung vornehmen zu können. Die resultierende mengentheoretische Spezifikation dient nicht dazu, Verhaltensaspekte von EPK-Modellen abzubilden. Ausgehend von der ursprünglichen Definition von EPK-Modellen tauchen dabei semantische Mehrdeutigkeiten insbesondere bei der Verwendung des Oder-Konnektors auf, dessen Schaltverhalten nicht immer lokal entscheidbar ist und dessen Einsatz in der Literatur diskutiert wird [LSWe1998, Ritt2000, DeRi2001]. Eine zusammenführende Oder-Verknüpfung kann dabei synchronisieren oder nicht, d.h. sie kann nach dem ersten Input, den sie erhält, schalten oder aber auf mehrere Eingangssignale warten. Kindler zeigt, dass aufgrund der Nicht-Lokalität des schließenden OR- und XOR-Konnektors die Semantik nicht immer eindeutig definiert sein kann [Kind2006]. Dieser Ambiguität muss durch eine erhöhte fachliche Abstimmung zwischen dem Modellersteller und -nutzer Rechnung getragen werden, womit eine Weiterverarbeitung der Modelle kontextabhängig erfolgen muss.

Allerdings bedeutet gerade die Verwendung der XOR- und OR-Konnektoren eine erhöhte Ausdrucksfreiheit in EPK-Modellen und ist mitverantwortlich für den Erfolg der EPK in der Praxis, da der semi-formale Charakter einen ausgewogenen Ausgleich zwischen formaler Genauigkeit und einer intuitiven Anwendbarkeit durch den Fachanwender darstellt. Gemäß der gängigen Modellierungspraxis wird hier angenommen, dass eine zusammenführende Oder-Verknüpfung aktiviert wird, wenn der erste Input eingegangen ist. Damit sei die semantische Diskussion der Kontrollflusssemantik der EPK-Methode an dieser Stelle beendet und auf die angesprochenen Beiträge verwiesen.

In formaler Schreibweise ist ein EPK-Modell ein 4-Tupel $EPC = (E, F, C, A)$. Dabei ist E eine endliche (nichtleere) Menge von Ereignissen (events), F eine endliche (nichtleere) Menge von Funktionen (functions), $C = C_{AND} \cup C_{OR} \cup C_{XOR}$ eine endliche Menge logischer Konnektoren (connectors), wobei C_{AND} , C_{OR} und C_{XOR} paarweise disjunkte Teilmengen von C sind, und

$$A \subseteq (E \times F) \cup (F \times E) \cup (E \times C) \cup (C \times E) \cup (F \times C) \cup (C \times F) \cup (C \times C)$$

eine Menge von Kanten. Die Relation A spezifiziert die Menge der gerichteten Kontrollflusskanten (arcs), welche Funktionen, Ereignisse und Konnektoren zueinander in Verbindung setzt. $V = E \cup F \cup C$ wird die Menge aller Knoten des EPK-Modells genannt.

Zur Einführung des Begriffs der syntaktischen Korrektheit von EPK-Modellen notieren wir für ein EPK-Modell die Menge der Eingangsknoten eines Knotens $v \in V$ mit $\bullet v := \{w \in V \mid (w, v) \in A\}$ und die Menge seiner entsprechenden Ausgangsknoten mit $v \bullet := \{w \in V \mid (v, w) \in A\}$. Weiterhin notieren wir einen gerichteten Pfad von einem Knoten $v_1 \in V$ zu einem Knoten $v_l \in V$ ($l \in \mathbb{N}$) als eine Folge $p = \langle v_1, \dots, v_l \rangle$ von Knoten $v_i \in V$ mit $(v_i, v_{i+1}) \in A$, wobei $1 \leq i \leq l-1$. Wir notieren für die Menge der tangierten Konnektoren auf einem Pfad von einem Knoten aus der Menge der Ereignisse zu einem Knoten aus der Menge der Funktionen

$$C_{EF} := \{c \in \{v_2, \dots, v_{l-1}\} \mid \exists \text{ Pfad } p = \langle v_1, v_2, \dots, v_{l-1}, v_l \rangle \text{ mit } v_1 \in E \wedge v_2, \dots, v_{l-1} \in C \wedge v_l \in F\}.$$

Analog lassen sich die Mengen C_{FE} , C_{FF} sowie C_{EE} definieren. Ebenso definieren wir einen gerichteten Konnektorenpfad $v_1 \xrightarrow{c} v_l$ von einem Knoten $v_1 \in V$ zu einem Knoten $v_l \in V$ als eine Folge $p_c = \langle v_1, \dots, v_l \rangle$ von Knoten mit $(v_i, v_{i+1}) \in A$ für $1 \leq i \leq l-1$ und $v_2, \dots, v_{l-1} \in C$. Auf einem Konnektorenpfad ist also der Startknoten nur über Konnektoren mit dem Endknoten verbunden.

Zur Konstruktion syntaktisch korrekter EPK-Modelle haben sich in der Wissenschaft einige Regeln etabliert [KeTe1999, 172-174, NüRü92, 68-70]. Unter deren Zuhilfenahme kann die Konsistenz eines EPK-Modells im Sinne einer Widerspruchsfreiheit und Stimmigkeit überprüft werden. Dazu muss ein EPK-Modell $EPC = (E, F, C, A)$ die folgenden Bedingungen erfüllen:

- (V, A) mit $V = E \cup F \cup C$ ist ein gerichteter, zusammenhängender Graph.¹
- Ereignisse haben höchstens eine eingehende und höchstens eine ausgehende Kante: $\forall e \in E : |\bullet e| \leq 1 \wedge |e \bullet| \leq 1$.
- Funktionen besitzen genau eine eingehende und genau eine ausgehende Kontrollflusskante: $\forall f \in F : |\bullet f| = 1 \wedge |f \bullet| = 1$.
- Es gibt mindestens ein Start- und ein Endereignis: $\exists e \in E : |\bullet e| = 0 \wedge \exists e \in E : |e \bullet| = 0$.
- Verknüpfungsoperatoren haben entweder mehrere eingehende und eine ausgehende Kontrollflusskanten (Join) oder eine ausgehende und mehrere eingehende Kontrollflusskanten (Split): $\forall c \in C : (|\bullet c| = 1 \wedge |c \bullet| > 1) \vee (|\bullet c| > 1 \wedge |c \bullet| = 1)$. Wir bezeichnen $C_J = \{c \in C \mid |\bullet c| > 1\}$ als die Menge der Join-Konnektoren und mit $C_S = \{c \in C \mid |c \bullet| > 1\}$ die Menge der Split-Konnektoren des EPK-Modells $EPC = (E, F, C, A)$ und es gilt $C_J \cap C_S = \emptyset$.
- Der vom EPK-Modell aufgespannte Graph ist „einfach“, d.h. er enthält keine Schlinge (Kante mit gleichen Anfangs- und Endknoten)² und keine Mehrfachkanten zwischen den einzelnen Knoten:

$$\forall v_1, v_2 \in V : |\{a \in A \mid a = (v_1, v_2) \vee a = (v_2, v_1)\}| \leq 1.$$

- Es gibt keinen gerichteten Kreis im aufgespannten Graphen, der nur aus Verknüpfungsoperatoren besteht: $\forall c_1, c_2 \in C : c_1 \xrightarrow{c} c_2 \Rightarrow c_1 \neq c_2$.
- Funktionen sind nur mit Ereignissen (gegebenenfalls über Verknüpfungsoperatoren) verbunden und vice versa: $C_{EE} = \emptyset \wedge C_{FF} = \emptyset$.

1 Diese Bedingung bedeutet zugleich, dass $\forall v \in V : |\bullet v| > 0 \vee |v \bullet| > 0$ gilt, d.h. dass keine isolierten Objekte im EPK-Modell existieren.

2 Diese Forderung ist für $v \in E$ und $v \in F$ durch die Einschränkung von A auf $A = V \times V \setminus \{(E \times E) \cup (F \times F)\}$ erfüllt. Für $v \in C$ wird die Forderung $(v, v) \notin A$ implizit dadurch gewährleistet, dass per definitionem gilt: $\forall v \in C : (v \in C_{EF} \vee v \in C_{FE}) \wedge (v \in C_S \vee v \in C_J)$.

- Nach Ereignissen folgt kein XOR- oder OR-Split-Konnektor im Kontrollfluss:
 $C_S \cap C_{EF} \cap C_{XOR} = \emptyset$ und $C_S \cap C_{EF} \cap C_{OR} = \emptyset$.

Die letzte Regel stellt den Ausschluss der Entscheidungsgewalt von Ereignissen in Übereinstimmung mit den erlaubten Verknüpfungsarten sicher [KNSc1992]. An diesem wichtigen Grundsatz wollen wir auch bei der Fuzzy-Erweiterung festhalten und eine entscheidungsbedingte Verzweigung von Prozessflüssen nach Ereignissen ausschließen. Wir sprechen im Folgenden weiter von EPK-Modellen und beziehen uns dabei immer auf die Menge der gemäß den vorgestellten Regeln syntaktisch korrekten EPK-Modelle.

3.3 ARIS-Erweiterung der EPK

In Forschung und Praxis existieren Erweiterungen der Modellierungssprache EPK, die unter anderem darauf abzielen, den Umfang der möglichen Sprachaussagen zu vergrößern oder die Handhabbarkeit umfangreicher Modelle zu verbessern. In der Literatur wird dementsprechend in vielen Fällen von der erweiterten EPK (kurz: eEPK) gesprochen. Dieser Sprachgebrauch wird hier jedoch nicht empfohlen, da keine einheitliche Meinung darüber existiert, welche Sprachkonstrukte zu einer Grundform und welche zu einer erweiterten Form der EPK gehören. Auch in der Modellierungspraxis wird diese Bezeichnung uneinheitlich verwendet.

Aus der Ableitung der EPK als zentrale Modellierungssprache der Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) [Sche2002] resultieren erweiterte Aussagen, die auf dem ARIS-Sichtenkonzept aufbauen. Diese werden durch Annotation von zusätzlichen Sprachkonstrukten an EPK-Funktionen getroffen. So werden u.a. Sprachkonstrukte vorgeschlagen, die Umfelddaten, Nachrichten, menschliche Arbeitsleistung, maschinelle Ressourcen und Computer-Hardware, Anwendungssoftware, Leistungen in Form von Sach-, Dienst- und Informationsdienstleistungen, Finanzmittel, Organisationseinheiten oder Unternehmensziele repräsentieren (vgl. Abb. 3-2).

Die Verbindung der Konstrukte, die nur mit Funktionen der EPK erfolgen kann, wird über Kanten hergestellt, die neben dem bereits eingeführten Kontrollfluss in Organisations-/Ressourcen-, Informations-, Informationsdienstleistungs- und Sachleistungs- sowie Finanzmittelfluss unterschieden werden [Sche2002, 31].

Exemplarisch werden aus den in Abb. 3-2 vorgestellten ARIS-Sprachelementen die Konstrukte der Organisations-, Daten- und Leistungssicht als zusätzliche Artefakte in die formale Repräsentation des EPK-Modells eingebettet und in einem nächsten Schritt um Attribute angereichert. Die Attributierung berücksichtigt desgleichen die Verbindungen der genannten Konstrukte mit den Funktionen der EPK, die grafisch jeweils durch Kanten des Organisations-, Daten- bzw. Leistungsflusses repräsentiert sind. Diese Erweiterung wird anschließend für die Vorstellung der beispielhaften Verarbeitung von Unschärfe in Geschäftsprozesse herangezogen.

Hierzu wird ein um ARIS-Sprachkonstrukte erweitertes EPK-Modell als ein Tupel $EPC_{ARIS} = (E, F, C, A, O, D, L, R)$ definiert. Dabei ist (E, F, C, A) ein EPK-Modell mit der Menge der Kontrollflussknoten $V = E \cup F \cup C$ und der Menge der Kontrollflusskanten A . Die Knotenmengen, welche die Artefakte der Organisations-, Daten- bzw. Leistungssicht repräsentieren, sind O für die Menge der Organisationseinheiten