

Fuzzy-EPK-Modelle: Attributierung und Regelintegration

Oliver Thomas, Thorsten Dollmann

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

Abstract: Im Geschäftsprozessmanagement sind Entscheidungssituationen häufig durch Unschärfe geprägt. Dies bedeutet, dass auch die jeweiligen Entscheidungsprämissen nicht in Form mathematischer Modelle oder numerischer Werte vorliegen, sondern in Form unscharfer Bedingungen, wie z. B. „geringe Durchlaufzeit“ oder „hohe Qualität“. Der vorliegende Beitrag zeigt, wie unscharfe Bedingungen und vage formulierte Zielvorstellungen mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie in Geschäftsprozessmodellen berücksichtigt werden können. Diese Fuzzy-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 [ÖsWi03]. Die Prozessgestaltung muss dabei einem umfassenden Ansatz folgen, der sowohl die Planung und Kontrolle als auch die Steuerung, d. h. das Management, der betrieblichen Abläufe umfasst [BeKR05]. Zur Unterstützung eines systematischen Vorgehens bei der Prozessgestaltung hat sich die Modellierung als hilfreich erwiesen. Modellierungssprachen wie die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) [KeNS92] dienen als operationalisierter Ansatz zur Modellkonstruktion. Softwarewerkzeuge zur Geschäftsprozessmodellierung [BISi06] können den Business Engineer durch Systemkomponenten zur Erhebung, Erstellung, 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 Geschäfts-

prozessen liegen jedoch vielfach nur unsichere, unpräzise und vage Informationen über die häufig nicht technisch determinierten Abläufe vor [Völk98; Fort02; Hüß03]. Ebenso ist das der Prozessgestaltung zugrunde 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 operationalisiert 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 der Prozessmodellierung zur Berücksichtigung und Verarbeitung von Unschärfe mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie begegnet werden. Diese unscharfe Erweiterung wird am Beispiel der EPK nachvollzogen.

Zunächst wird im folgenden Abschnitt 2 der Begriff „Unschärfe“ präzisiert sowie die Berücksichtigung unscharfer Daten mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie motiviert. 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 wird ein Anwendungsszenario 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 so, als müsse das Verständnis dieses Begriffs selbst unscharf sein. Unschärfe wird meist durch eine Abgrenzung gegenüber deterministischen, stochastischen und unsicheren Informationszuständen definiert [Reh98, S. 39]. Als Unschärfe wird in diesem Beitrag die Unsicherheit hinsichtlich von Daten und ihrer Interdependenzen verstanden. Im betriebswirtschaftlichen Kontext lassen sich verschiedene Auslöser von Unschärfe identifizieren [Tiet99, S. 45 ff.] (vgl. Abb. 1).

Zunächst entsteht Unschärfe bei der Erfassung der Realität durch die Komplexität des Umweltsystems und die Wahrnehmungsgrenzen des Menschen. Die resultierende informationale Unschärfe, bedingt durch die menschliche Sprache und das menschliche Denken, wird auf ein Überangebot an Informationen zurückgeführt [ZALW93, S. 5]. Sie tritt dann auf, wenn Begriffe verwendet werden, die aufgrund ihres hohen Abstraktionsniveaus Unschärfe enthalten (z.B. „Kreditwürdigkeit“). 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 je-

doch während der Erfassung anderer Teilaspekte bereits veraltet. Zur Beschreibung solcher komplexer Begriffe sind viele verschiedene Merkmale zu berücksichtigen. Unschärfe entsteht, da der Mensch oft nicht in der Lage ist, sämtliche relevanten Informationen zu verarbeiten und möglicherweise die einzelnen Informationen selbst schon unscharf sind. Die beschreibenden Eigenschaften des Begriffs werden gemäß der menschlichen Informationsverarbeitung über sprachliche Termini aggregiert.

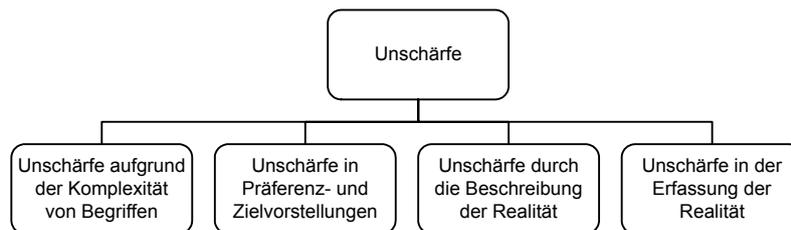


Abb. 1: Unschärfeaspekte

Ebenso existiert eine Unschärfe in den Präferenz- und Zielvorstellungen des Menschen. 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 häufig 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. Hierbei liegt die Ursache der Unschärfe nicht in der Sprache, sondern ist vielmehr darin zu sehen, dass das menschliche Wahrnehmungsvermögen der Realität beschränkt und subjektiv ist [Tiet99, S. 47]. Durch die Sprache werden also die subjektiven Vorstellungen des Beschreibenden über den Sachverhalt ausgedrückt und es besteht keine einheitliche Definition der beschreibenden Begriffe.

Die Unschärfe in der Erfassung der Realität resultiert daraus, dass Daten und Beziehungen zwischen Größen nicht genau erfasst werden können oder sollen. 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. Beim für den Menschen üblichen größenordnungsmäßigen Erfassen der Realität wird in der Regel auf verbale Beschreibungen zurückgegriffen, womit zusätzlich ein Zusammenhang zur beschriebenen intrinsischen Unschärfe vorliegt.

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 [Zade65]. 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 $A \in \Omega$ 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 [Zade73] formulieren, die natürlichsprachliche Ausdrücke – so genannte linguistische Terme – als Werte annehmen. Abb. 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.

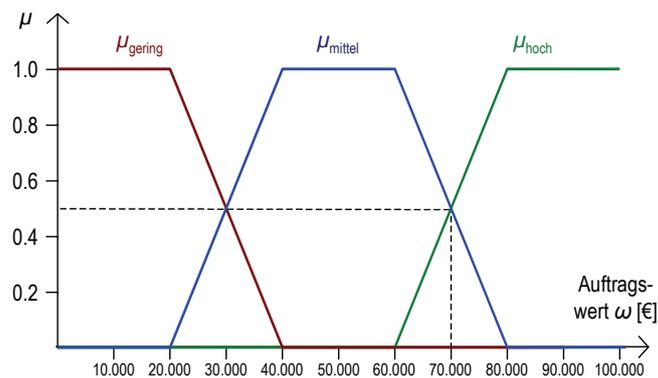


Abb. 2: Linguistische Variable „Auftragswert“

Ein Fuzzy-System besitzt eine festgelegte Menge von Ein- und Ausgangsvariablen, deren jeweilige Terme durch Fuzzy-Regeln, bestehend aus Prämissen- und Konklusionsteil, z. B. in der Form „WENN Kundeneinschätzung = mittel UND Auftragsvolumen = sehr hoch DANN Kundenauftragsbewertung = hoch“, miteinander verknüpft sind. Die Wertebereiche der (linguistischen) Variablen sind durch Fuzzy-Mengen partitioniert, die zur Repräsentation der linguistischen Terme dienen. Formal lässt sich damit eine Fuzzy-Regel als Tupel $(\mu^{(1)}, \dots, \mu^{(n)}, \nu)$ darstellen. Dabei sind $\mu^{(1)}, \dots, \mu^{(n)}$ Fuzzy-Mengen über dem Wertebereich der Eingangsvariablen und ν eine Fuzzy-Menge über dem Wertebereich der Ausgangsvariablen. Durch Inferenzverfahren werden die Eingangs- und Ausgangsvariablen einander zugeordnet. Ist $X = X_1 \times \dots \times X_n$ der Eingaberaum und Y der Ausgaberaum, so lässt sich ein Fuzzy-System FS formal als Abbildung $FS: X \rightarrow Y$ darstellen [BKNK03, S. 162f].

Die Fuzzy-Regelbasis bestimmt die Struktur des Fuzzy-Systems. Basierend auf einem Vektor von Eingangsgrößen $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n) \in X$ berechnet sich der (scharfe) Ausgangswert eines typischen Fuzzy-Systems $y = FS(\vec{x})$ in mehreren Schritten. Zunächst wird der Erfüllungsgrad jeder einzelnen Regel bestimmt, indem für jeden Messwert der Zugehörigkeitsgrad zur korrespondierenden Fuzzy-Menge ermittelt wird. Die entsprechenden Zugehörigkeitsgrade müssen dann mit einem geeigneten Fuzzy-Operator konjunktiv verknüpft werden. Aus jeder einzelnen Regel resultieren so Fuzzy-Mengen, die zur Bestimmung der Gesamtausgabe des Fuzzy-Systems noch geeignet disjunktiv verknüpft werden müssen. Für eine ausführbare Aktion, z. B. „Priorität festlegen“, wird ein scharfer Wert der Ausgangsvariablen benötigt. Ein Defuzzifizierungsschritt liefert aus der Ausgabe-Fuzzy-Menge diesen scharfen Wert $y \in Y$.

Ist die Ausgangsvariable keine kontinuierliche Größe, sondern eine kategorielle Variable, die einen von endlich vielen diskreten Werten (Klassen) annehmen kann, so spricht man von einem Klassifikationsproblem. Eine regelbasierte Klassifikation lässt sich mit einem Fuzzy-System modellieren, indem jede Klasse als spezielle Fuzzy-Menge aufgefasst wird und im Defuzzifizierungsschritt die Klasse mit dem größten Zugehörigkeitsgrad als Ausgangswert des Fuzzy-Systems gewählt wird.

3 Prozessmodellierung mit der EPK

3.1 Grundlegende Sprachkonstrukte der EPK

Seit der Etablierung des Prozessdenkens für die Organisation von Unternehmen und für die Gestaltung von Informationssystemen wird eine Vielzahl von Modellierungssprachen zur Beschreibung von Geschäftsprozessen eingesetzt [DuAH05]. Zur Konstruktion von Geschäftsprozessmodellen auf fachlicher Ebene hat sich aufgrund ihrer Anwendungsorientierung und umfassenden Werkzeugunterstützung insbesondere im deutschsprachigen Raum die EPK etabliert. Sie wurde am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi), Universität des Saarlandes, Saarbrücken, in Zusammenarbeit mit der SAP AG entwickelt [KeNS92].

In graphentheoretischer Terminologie ist ein EPK-Modell ein gerichteter und zusammenhängender Graph, dessen Knoten Ereignisse, Funktionen und Verknüpfungsoperatoren sind. 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. Im Gegensatz zu einer Funktion, die ein zeitverbrauchendes Geschehen ist, ist ein Ereignis auf einen Zeitpunkt bezogen. Während zur Bezeichnung der Funktionen in der Literatur [z. B. HoKS92, S. 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), 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).

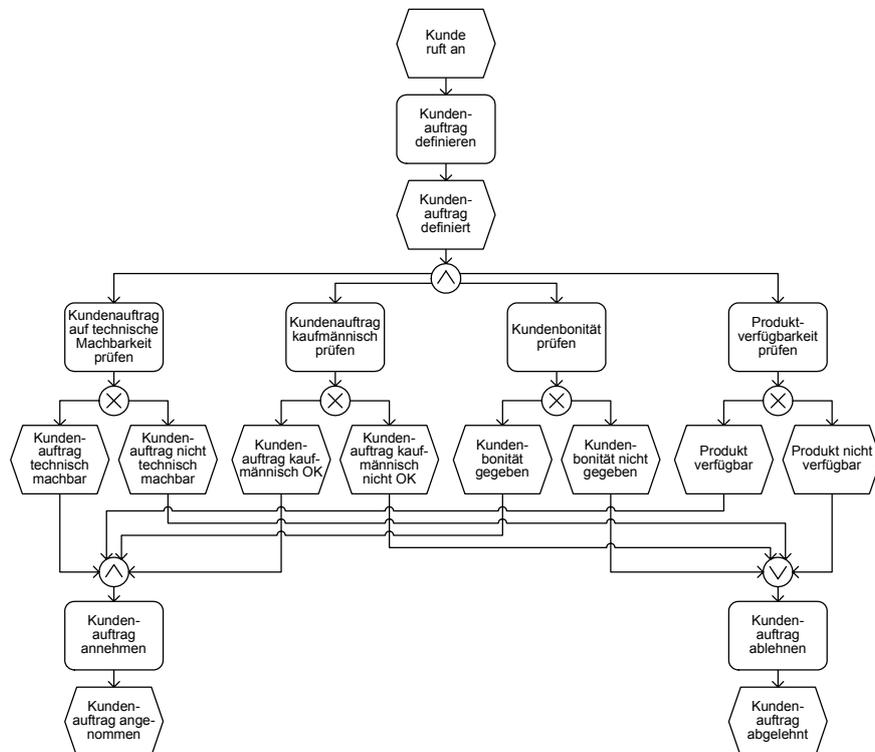


Abb. 3: EPK-Modell der Kundenauftragsbearbeitung

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 „ \otimes “, adjunktiven „ \odot “ und disjunktiven Verknüpfungen „ \otimes “ unterschieden (vgl. Abb. 3). Die entsprechenden Konnektoren werden vereinfacht als AND-, OR- bzw. XOR-Operatoren bezeichnet.

Mit diesen Informationen ergibt sich für das in Abb. 3 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“.

3.2 Formalisierung der EPK

Die von Keller, Nüttgens und Scheer [KeNS92] 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 [Aals99; NüRu02; AaDK02; Kind04; Kind06; RoAa06]. Im Folgenden stellen wir eine formale Definition der grundlegenden EPK-Syntax in Anlehnung an [RoAa06] vor, um darauf aufbauend eine syntaktisch präzise Definition einer unscharfen Erweiterung aufzeigen zu können.

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.

In Wissenschaft und Unternehmenspraxis haben sich einige Regeln etabliert, die der Konstruktion syntaktisch korrekter EPK-Modelle dienen [KeTe99, S. 172–174; NüRu02, S. 68–70]. Unter Zuhilfenahme dieser Regeln kann die Konsistenz eines EPK-Modells im Sinne einer Widerspruchsfreiheit und Stimmigkeit überprüft werden. Wir sprechen im Folgenden weiter von EPK-Modellen und beziehen uns dabei immer auf die Menge der gemäß den bekannten Regeln syntaktisch korrekten EPK-Modelle.

3.3 ARIS-Erweiterung der EPK

Aus der Ableitung der EPK als zentrale Modellierungssprache der Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) [Sche01; Sche02] resultieren erweiterte Aussagen, die auf dem ARIS-Sichtenkonzept aufbauen. Diese werden durch Annotation von zusätzlichen Sprachkonstrukten an EPK-Funktionen getroffen [ScTA05]. 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. 4).

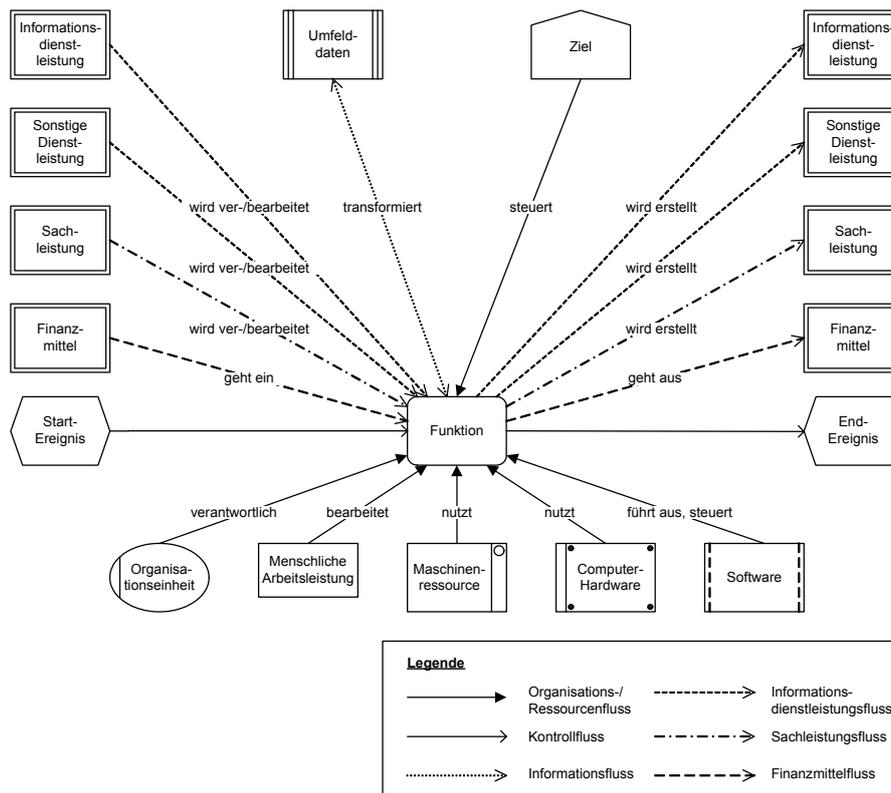


Abb. 4: Erweiterung der EPK um ARIS-Sprachkonstrukte [Sche02, S. 31]

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 [Sche02, S. 31].

Exemplarisch werden aus den in Abb. 4 vorgestellten ARIS-Sprachelementen die Konstrukte der Organisations-, Daten- und Leistungssicht als zusätzliche Artefakte mit den entsprechenden Verbindungen dieser Konstrukte mit den Funktionen der EPK über Kanten des Organisations-, Daten- bzw. Leistungsflusses in die formale Repräsentation des EPK-Modells hinzugefügt und in einem nächsten Schritt um Attribute angereichert. 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

$$EPC_{ARIS} = (E, F, C, A, O, D, L, R)$$

eingeführt. 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 (organizational units), D für die Menge der Datenobjekte (data objects) und L für die Menge der Leistungen (outputs). Für die Mengen O , D und L wird gefordert, dass sie paarweise disjunkt sind. Die Menge R enthält Mengen von Relationen, die den Funktionen die unterschiedlichen Artefakte zuordnen. Sie wird definiert als Menge $R = R^{OF} \cup R^{DF} \cup R^{FD} \cup R^{LF} \cup R^{FL}$, wobei

- $R^{OF} = \{R_1^{OF}, \dots, R_{n_{OF}}^{OF}\}$, mit R_i^{OF} ($1 \leq i \leq n_{OF}$), $n_{OF} \in \mathbb{N}$, Relationen auf $O \times F$,
- $R^{DF} = \{R_1^{DF}, \dots, R_{n_{DF}}^{DF}\}$, mit R_i^{DF} ($1 \leq i \leq n_{DF}$), $n_{DF} \in \mathbb{N}$, Relationen auf $D \times F$,
- $R^{FD} = \{R_1^{FD}, \dots, R_{n_{FD}}^{FD}\}$, mit R_i^{FD} ($1 \leq i \leq n_{FD}$), $n_{FD} \in \mathbb{N}$, Relationen auf $F \times D$,
- $R^{LF} = \{R_1^{LF}, \dots, R_{n_{LF}}^{LF}\}$, mit R_i^{LF} ($1 \leq i \leq n_{LF}$), $n_{LF} \in \mathbb{N}$, Relationen auf $L \times F$ und
- $R^{FL} = \{R_1^{FL}, \dots, R_{n_{FL}}^{FL}\}$, mit R_i^{FL} ($1 \leq i \leq n_{FL}$), $n_{FL} \in \mathbb{N}$, Relationen auf $F \times L$ sind.

Die einzelnen Relationen aus den Mengen R^{OF} , R^{DF} , R^{FD} , R^{LF} und R^{FL} tragen dabei verschiedene Bedeutungen und bestimmen den Beziehungstyp zwischen den Elementen aus $O \times F, \dots, F \times L$. Eine Auswahl praxisnaher Beziehungstypen ist in Tab. 1 aufgelistet.

Ein um ARIS-Sprachkonstrukte erweitertes EPK-Modell

$$EPC_{ARIS} = (E, F, C, A, O, D, L, R)$$

ist genau dann syntaktisch korrekt, wenn (E, F, C, A) ein syntaktisch korrektes EPK-Modell ist und zusätzlich jedes Artefakt mit mindestens einem Knoten des EPK-Graphen (V, A) verbunden ist, wobei wir hier nur anmodellierte Artefakte an Funktionen zulassen. Wir fordern also, dass der durch die ARIS-Erweiterung aufgespannte Graph

$G = (V_A, A \cup R)$ mit der Knotenmenge $V_A = E \cup F \cup C \cup O \cup D \cup L$ und der Kantenmenge $A \cup R$ zusammenhängend sein soll.

Tab. 1: Beziehungstypen zwischen Funktionen und ARIS-Sprachkonstrukten

<i>Quellobjekttyp</i>	<i>Zielobjekttyp</i>	<i>Mögliche Beziehungstypen</i>
Organisationseinheit	Funktion	führt aus, entscheidet über, ist verantwortlich für, stimmt zu, wirkt mit bei, muss informiert werden, muss informieren über Ergebnis von
Datenobjekt	Funktion	ist Input für, wird genehmigt von, wird geprüft von
Funktion	Datenobjekt	ändert, hat Output, erzeugt
Leistung	Funktion	ist Input für, wird verbraucht von, wird verwendet von
Funktion	Leistung	hat Output, produziert

4 Fuzzy-Ereignisgesteuerte Prozesskette

4.1 Erweiterung der EPK um Attribute

Die Objekttypen in EPK-Modellen (z.B. die einzelnen Datenobjekte aus D oder Organisationseinheiten aus O), aufgefasst als Objektmengen einzelner Objekte, man spricht auch von *Instanzen* des jeweiligen Typs¹, zeichnen sich durch bestimmte Merkmale aus. Diese Merkmale werden zur Beschreibung der einzelnen Objekte sowie zu deren interner Repräsentation, bspw. bei der Speicherung in relationalen Datenbanken, herangezogen und als *Attribute* bezeichnet. Während beschreibende Attribute fachliche Eigenschaften darstellen, dienen die so genannten *Schlüsselattribute* zur eindeutigen Identifikation eines Objekts. Ein Kunde kann bspw. über seinen Namen, seine Adresse und sein Geburtsdatum identifiziert werden, während sein Umsatz oder die Kundeneinschätzung anwendungsrelevante Eigenschaften darstellen. Im Folgenden sollen nur fachlich relevante Attribute herangezogen und im Unschärfekonzept berücksichtigt werden.

Jedes Attribut hat einen Wertebereich, der die Menge der möglichen Attributwerte festlegt. Beispielsweise kann der Wertebereich des Attributs „Auftragssumme“ eines Datenobjekttyps „Auftrag“ als Menge natürlicher Zahlen festgelegt werden. Ebenso kann die Wertemenge für das Attribut „Name“ des Objekttyps „Kunde“ auf die Menge von Zeichenketten festgelegt werden, die aus alphabetischen Zeichen besteht.

¹ Bisher haben wir auf die Unterscheidung zwischen der Typ- und Instanzebene bei Prozessmodellen verzichtet. An dieser Stelle werden wir sprachlich exakter und sprechen von Objekttypen in EPK-Modellen und ihren Instanzen. Der Funktionstyp „Kundenbonität prüfen“ als Element der Menge F kann bspw. zur Laufzeit des Modells beliebig viele Instanzen generieren. Auf Basis möglicher Merkmalsausprägungen der Instanzen soll eine im Prozessmodell auf Typebene zu modellierende Entscheidungsunterstützung methodisch aufgebaut werden. Hierbei werden die Merkmalsausprägungen selbst wesentlich.

Auf die Darstellung von Attributen wird in konzeptionellen EPK-Modellen aus Gründen der Übersichtlichkeit und Komplexität in den meisten Fällen zunächst verzichtet. Allerdings erfordert die nachfolgend dargelegte Unschärfeerweiterung an dieser Stelle einer Präzisierung des konzeptionellen Modells und daher eine explizite Modellierung entscheidungsrelevanter Attribute bei der Prozessmodellierung.

Es seien S eine Menge von Objekten der Diskurswelt, $Dom(A_i)$ ($i=1, \dots, n$), $n \in \mathbb{N}$, Mengen von Werten und A_i ($i=1, \dots, n$) wohldefinierte Abbildungen der Form

$$A_i : S \rightarrow Dom(A_i) \quad (i=1, \dots, n).$$

Dann heißt $\{A_1, \dots, A_n\}$ eine Menge von Attributen (attributes) auf den Objekten der Menge S oder kurz auf S . Die Mengen $Dom(A_i)$ bezeichnet man als die Wertebereiche (domain) der Attribute A_i und die Elemente $A_i(s) \in Dom(A_i)$ werden die Attribute der Objekte s genannt. Gilt $Dom(A_i) = \{0, 1\}$, so wird A_i binäres (binary) Attribut auf S genannt. Unter den Voraussetzungen dieser Definition gibt es somit eine (interne) Darstellung der Objekte als Tupel $(A_1(s), \dots, A_n(s))$ von Attribut-Werten, d.h. als Elemente der Menge

$$Dom(A_1) \times \dots \times Dom(A_n) = \prod_{i=1}^n Dom(A_i).$$

In einem ARIS-EPK-Modell

$$EPC_{ARIS} = (E, F, C, A, O, D, L, R)$$

notieren wir die folgenden Attribute:

- $A_1^e, \dots, A_{n_e}^e$ ($n_e \in \mathbb{N}$) sind die n_e Attribute auf dem Ereignis $e \in E$,
- $A_1^f, \dots, A_{n_f}^f$ ($n_f \in \mathbb{N}$) sind die n_f Attribute auf der Funktion $f \in F$,
- $A_1^o, \dots, A_{n_o}^o$ ($n_o \in \mathbb{N}$) sind die n_o Attribute auf der Organisationseinheit $o \in O$,
- $A_1^d, \dots, A_{n_d}^d$ ($n_d \in \mathbb{N}$) sind die n_d Attribute auf dem Datenobjekt $d \in D$,
- $A_1^l, \dots, A_{n_l}^l$ ($n_l \in \mathbb{N}$) sind die n_l Attribute auf der Leistung $l \in L$.

Umgangssprachlich gesprochen werden damit in einem fachkonzeptionellen, auf Typ-Ebene modellierten EPK-Modell jedem Knotenelement im EPK-Graph eigene Attribute zugeordnet. Verdeutlicht wird dies beispielsweise durch die Tatsache, dass ein Datenobjekt(-typ) „Kundenauftrag“ ein Attribut „Auftragssumme“ besitzt, wohingegen dieses Attribut kein Merkmal eines Datenobjektes „Artikel“ darstellt.

Wir definieren ein um Attribute erweitertes ARIS-EPK-Modell als ein Tupel

$$EPC_{ARIS,attr} = (E, F, C, A, O, D, L, R, M).$$

Dabei sind den einzelnen Ereignissen aus E , Funktionen aus F , Organisationseinheiten aus O , Datenobjekten aus D und Leistungen aus L Attribute zugeordnet. Auf die Zu-

ordnung von Attributen für die Menge der Kontrollflusskanten A und den Relationen aus R wird an dieser Stelle verzichtet, da diese beschreibenden Attribute nicht zur Fuzzifizierung herangezogen werden. Die aufgezählten Attribute von Elementen aus E, F, O, D und L werden in der Menge M zusammengefasst.

Jedes Objekt weist dabei eigene identifizierende und anwendungsrelevante Attribute mit eigenen Wertemengen auf. Es sollen nur solche Attribute modelliert werden, die im jeweiligen Kontext relevant werden. Veränderungen der Attribute der Artefakte werden in der Folge nur berücksichtigt, soweit dies aus dem EPK-Modell heraus ersichtlich ist.

4.2 Fuzzy-Erweiterung der EPK

Wir definieren ein Fuzzy-EPK-Modell

$$FEPC = (E, F, C, A, O, D, L, R, M, FC)$$

als ein um Attribute angereichertes ARIS-EPK-Modell

$$EPC_{ARIS,attr} = (E, F, C, A, O, D, L, R, M)$$

mit den folgenden Eigenschaften:

- M ist die Menge der unscharfen Attribute des Fuzzy-EPK-Modells $FEPC$. Die Bezeichnung „unscharfes Attribut“ bezieht sich hierbei auf zwei Aspekte. Erstens wird angenommen, dass die Wertebereiche der Attribute nicht notwendigerweise scharfe Mengen sind, sondern aus Fuzzy-Mengen bestehen können. Zweitens können die Attribute als linguistische Variablen interpretiert werden. Dies impliziert, dass der Name der linguistischen Variable der Bezeichnung des Attributs entspricht und der Wertebereich des Attributs zugleich die Grundmenge der linguistischen Variablen ist.
- O , D bzw. L sind Mengen von Organisationseinheiten, Datenobjekten bzw. Leistungen, die unscharfe Organisationseinheiten, unscharfe Datenobjekte bzw. unscharfe Leistungen enthalten. Eine unscharfe Organisationseinheit, ein unscharfes Datenobjekt bzw. eine unscharfe Leistung ist hierbei eine Organisationseinheit, ein Datenobjekt bzw. eine Leistung, welche unscharfe Attribute besitzt.
- FC ist eine Menge von Fuzzy-Systemen (vgl. Abschnitt 2). Die möglichen Input- und Outputgrößen werden durch die Funktion restringiert, der ein solches System zugeordnet wird.
- F ist die Menge der unscharfen Funktionen des EPK-Modells. Eine unscharfe Funktion zeichnet sich dabei entweder durch ein oder mehrere unscharfe Attribute aus oder durch die Zuordnung eines Fuzzy-Systems $FS \in FC$ zur Entscheidungsunterstützung auf der Basis unscharf formulierter Regeln bei der Ausführung. Dabei müssen alle Organisationseinheiten, Datenobjekte bzw. Leistungen des EPK-Modells, deren Attribute Input- und Outputgrößen des zugeordneten Fuzzy-Systems darstellen,

über eine Kante mit dieser unscharfen Funktion verbunden sein. Wird das Fuzzy-System direkt als Klassifikator zur Entscheidung über die weitere Verzweigung des Kontrollflusses eingesetzt, dürfen nur die nachfolgenden Ereignisse dieser Funktion im Konklusionsteil der Regeln vorkommen.

- Die Menge R enthält Mengen von unscharfen Relationen² zwischen Kontrollflussobjekten und den unterschiedlichen Artefakten: $R = \{R^{OF}, R^{DF}, R^{FD}, R^{LF}, R^{FL}\}$, mit
 - $R^{OF} = \{R_1^{OF}, \dots, R_{n_{OF}}^{OF}\}$, wobei R_i^{OF} ($1 \leq i \leq n_{OF}$), $n_{OF} \in \mathbb{N}$, unscharfe Relationen auf $O \times F$ sind.
 - $R^{DF} = \{R_1^{DF}, \dots, R_{n_{DF}}^{DF}\}$, wobei R_i^{DF} ($1 \leq i \leq n_{DF}$), $n_{DF} \in \mathbb{N}$, unscharfe Relationen auf $D \times F$ sind.
 - $R^{FD} = \{R_1^{FD}, \dots, R_{n_{FD}}^{FD}\}$, wobei R_i^{FD} ($1 \leq i \leq n_{FD}$), $n_{FD} \in \mathbb{N}$, unscharfe Relationen auf $F \times D$ sind.
 - $R^{LF} = \{R_1^{LF}, \dots, R_{n_{LF}}^{LF}\}$, wobei R_i^{LF} ($1 \leq i \leq n_{LF}$), $n_{LF} \in \mathbb{N}$, unscharfe Relationen auf $L \times F$ sind.
 - $R^{FL} = \{R_1^{FL}, \dots, R_{n_{FL}}^{FL}\}$, wobei R_i^{FL} ($1 \leq i \leq n_{FL}$), $n_{FL} \in \mathbb{N}$, unscharfe Relationen auf $F \times L$ sind.

Die im scharfen Modell vorkommenden Relationen können somit im Sinne des Erweiterungsprinzips von Zadeh als Spezialfall des unscharfen Falls betrachtet werden.

Die Fuzzy-Erweiterung der Ereignisgesteuerten Prozesskette wird im nachfolgenden Abschnitt durch ein Beispielszenario erläutert.

5 Anwendungsszenario „Fuzzy-Customizing“

Die Konstruktion von Prozessmodellen ist aus Gründen ihrer möglichen Wiederverwendung vielfach mit dem Anspruch verbunden, von unternehmensspezifischen Eigenschaften zu abstrahieren. Sie werden daher in unternehmensspezifische Prozessmodelle und Referenzprozessmodelle unterschieden. Der Begriff „unternehmensspezifisch“ charakterisiert hierbei den individuellen Charakter des entsprechenden Modells. Im Gegensatz dazu stellt ein Referenzmodell für die Entwicklung spezifischer Modelle einen Bezugspunkt dar, da es eine Klasse von Anwendungsfällen repräsentiert [Broc03; Thom06]. Prominente Beispiele sind im wissenschaftlichen Umfeld das Referenzmodell für industrielle Geschäftsprozesse (Y-CIM-Modell) von Scheer [Sche97] sowie das der Unternehmenspraxis entstammende SAP R/3-Referenzmodell [KeTe99].

² Eine unscharfe Relation (Fuzzy-Relation) R über Grundmengen Ω_1, Ω_2 ist eine Fuzzy-Menge des kartesischen Produkts $\Omega_1 \times \Omega_2$, die über eine Zugehörigkeitsfunktion $\mu_R : \Omega_1 \times \Omega_2 \rightarrow [0, 1]$ charakterisiert wird. Dabei ist jedem Element (ω_1, ω_2) als 2-stelliges Tupel in R ein Zugehörigkeitsgrad $\mu_R(\omega_1, \omega_2) \in [0, 1]$ zugeordnet. Der Zugehörigkeitsgrad wird als Stärke der Fuzzy-Relation R zwischen den Elementen des Tupels interpretiert.

Abb. 3 stellt einen Ausschnitt eines Referenzprozesses zur Kundenauftragsabwicklung in Form einer EPK dar. Ein Schwachpunkt des modellierten Prozesses, der in diesem Beitrag bislang nicht diskutiert wurde, ist erkennbar: Jedes der Negativergebnisse führt zur unmittelbaren Ablehnung des Kundenauftrags – unabhängig von den Prüfergebnissen der anderen Funktionen. Dies steht im Widerspruch zur Unternehmenspraxis, in der solche absoluten Ausschlusskriterien nur selten scharf eingehalten werden. Vielmehr werden durch menschliche Entscheidungsträger Kompensationsmechanismen angewendet, die eine Überschreitung von Grenzwerten in einem Bereich durch bessere Werte in anderen Bereichen ausgleichen. Hierbei sind die Regeln für die Wirkungszusammenhänge nicht dokumentiert, sondern beruhen auf Erfahrungswissen der Entscheidungsträger. Es handelt sich zudem meist um einfache Regeln, die nur größenordnungsmäßige Verknüpfungen herstellen und sich an Zielsystemen mit vagen Interdependenzen orientieren.

Im vorliegenden Fall könnte etwa die Entscheidung, ob das Produkt verfügbar ist, nicht nur mit einem scharfen „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden, sondern auch durch zusätzlichen Beschaffungsaufwand von Verhältnismäßigkeitsüberlegungen geprägt sein, sodass das Produkt z. B. aus einem anderen Lager angefordert wird, wenn alle anderen Prüfungen positiv ausfallen. Eine entsprechende Entscheidung orientiert sich an einem Trade-off zwischen den Zielen der Vermeidung von Zusatzkosten und der Ausrichtung an Kundenbedürfnissen. Hieraus ergibt sich neben dem Problemfeld der Erschließung impliziten Wissens die Herausforderung der Abbildung von Unschärfe in Referenzmodellen und Vorgehensmodellen zu deren Anpassung.

Abb. 5 zeigt die unscharfe Erweiterung des Referenzprozesses der Kundenauftragsabwicklung – eingebettet in die grafische Benutzeroberfläche eines Fuzzy-Modellierungswerkzeugs. Der Prozess ist im Hauptfenster in Form einer Fuzzy-EPK dargestellt. Die unscharfen Konstrukte der EPK sind durch graue Schattierung gekennzeichnet.

Nach der Definition des Kundenauftrags wird unverändert dessen Annahme geprüft. Die Prüfungen der einzelnen Funktionen des „scharfen“ Prozesses werden jedoch um Prüfungen zum Auftragsvolumen und zur Kundeneinschätzung erweitert. Die Funktionen sind dabei nicht als „untergeordnete“ Aktivitäten der Kundenauftragsprüfung, sondern als unscharfe Objektattribute der entsprechenden Datenobjekt- und Leistungstypen in Form linguistischer Variablen modelliert (vgl. Abb. 5, Fenster „Attribute“). Im Attribut-Explorer ist beispielsweise das Objektattribut „Auftragsvolumen“ des Datenobjekttyps „Kundenauftrag“ aktiviert. Es weist als linguistische Variable die Terme „sehr niedrig“, „niedrig“, „mittel“, „hoch“ und „sehr hoch“ auf (vgl. auch Abb. 2).

Im rechten Teil des Attributfensters kann der Benutzer über einen Variableneditor die Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Terme verändern, z. B. durch „Ziehen“ der durch kleine Quadrate dargestellten „Eckpunkte“ der Funktionen. Ein Variablenassistent unterstützt den Benutzer durch eine automatisierte Variablendefinition. Ein Regleditor (vgl. gleichnamiges Fenster in Abb. 5) zeigt die der Funktion hinterlegten Regeln an.

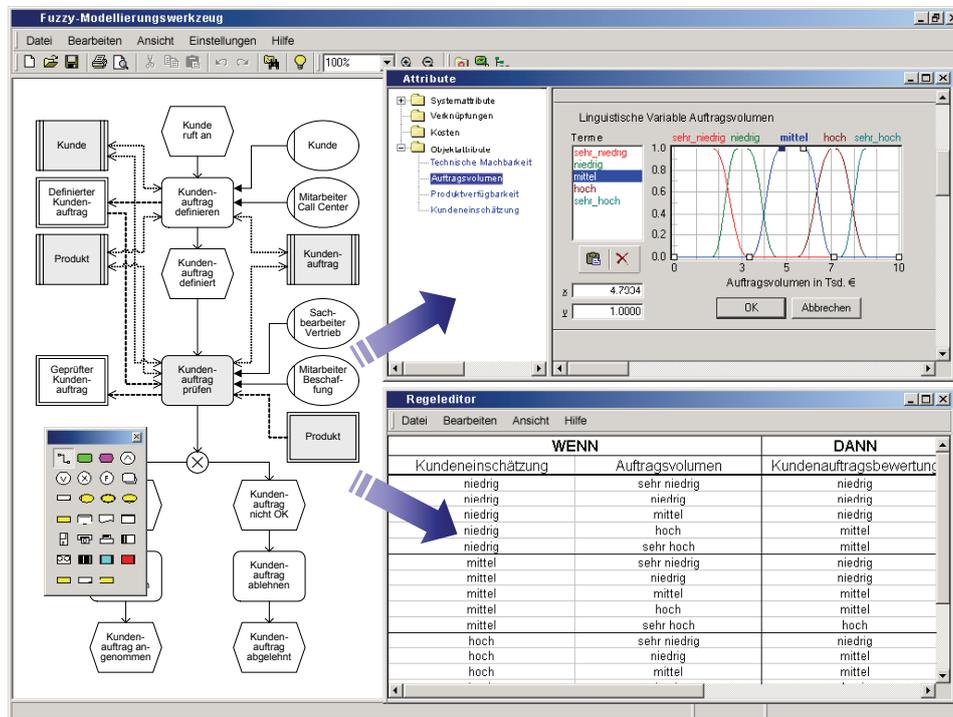


Abb. 5: Benutzeroberfläche des Fuzzy-Modellierungswerkzeugs

Im Beispiel ist der Ausschnitt einer Regelmenge mit den Eingangsvariablen „Kundeneinschätzung“ und „Auftragsvolumen“ sowie der Ausgangsvariablen „Kundenauftragsbewertung“ gegeben. Der Benutzer erzeugt die Regelmengen in der Tabelle z.B. durch eine automatisierte Übernahme vollständiger Regelmengen aus einem mit „Konstistenzchecks“ ausgerüsteten Regelassistenten (Schnittstelle zum Fuzzy-System).

Der Referenzprozess besteht – entsprechend der in Abschnitt 4 vorgestellten Formalisierung der Fuzzy-EPK – in seiner Erweiterung aus zwei Ebenen. Die Modellierungsebene (vgl. Abb. 5, links) zeigt nach wie vor das Prozessmodell, im dargestellten Fall ein Fuzzy-EPK-Modell. In dieser Ebene ist die semi-formale Modellierung auf die zum Verstehen der Geschäftslogik durch den Endanwender notwendigen Inhalte begrenzt. In einer weiteren Ebene (vgl. Abb. 5, rechts) sind die entscheidungsunterstützenden Regeln hinterlegt, welche im Ergebnis die Annahme oder Ablehnung des Kundenauftrags bewirken. Diese Ebene greift auf Erkenntnisse der Fuzzy-Set-Theorie zurück, um die Eigenschaften abwägender Entscheidungen abzubilden.

Die Adaption eines solchen Prozesses wird nun auf das in den Entscheidungsregeln hinterlegte fachliche Wissen beschränkt und lässt die Ablauflogik des Prozesses unberührt. Durch die Berücksichtigung unscharfer Bedingungen und vage formulierter Zielvorstellungen mit Hilfe von Ansätzen der Fuzzy-Set-Theorie kann der Anwender,

der über das fachliche Wissen verfügt, durch intuitive und einfache linguistische Bewertungen selbst die Adaption des Referenzprozesses vornehmen.

Dies hat ebenfalls zur Folge, dass ein bereits adaptierter Prozess prinzipiell als Referenzprozess aufgefasst werden kann – die Ablauflogik des Prozesses bleibt bei seiner Adaption unverändert, lediglich die Art der Entscheidungsfindung muss angepasst werden.

Gleichwohl ist darauf hinzuweisen, dass mit dem Anwendungsszenario „Fuzzy-Customizing“ keine Evaluierung der unscharf erweiterten EPK verbunden ist. Hierzu wurde am Institut für Wirtschaftsinformatik im DFKI, Saarbrücken, bereits eine werkzeuggestützte Simulation durchgeführt [AdTL06]. Der vorliegende Anwendungsfall dient vielmehr dazu, aufzuzeigen, dass aus der EPK-Spracherweiterung neue Anforderungen für die fachliche Built-Time-Modellierung resultieren. Beim Design der Prozessmodelle sind Entscheidungen darüber zu treffen, welche Situationen, die bisher in der scharfen Ablauflogik des Prozessmodells selbst abgebildet werden mussten, nun mithilfe von Regeln in der Entscheidungslogik beschrieben werden können. Somit ändert sich die Vorgehensweise beim Design der fachlichen Modelle und das Konstruktionsergebnis, wie dies am Referenzprozess der Kundenauftragsabwicklung verdeutlicht wurde.

6 Verwandte Arbeiten

Es existieren nur wenige Ansätze, die Unschärfeaspekte in die Informations- bzw. Prozessmodellierung mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie integrieren.

Die Fuzzy-Erweiterung des Entity-Relationship-Modells (ERM) wurde von Zvieli, Chen [ZvCh86] beschrieben. Hierbei können Entitytypen, Beziehungstypen und Attributmenge Fuzzy-Werte annehmen. Die Berücksichtigung dieser fuzzifizierten Datenstrukturen führt konsequent zur Verarbeitung der unscharfen Daten in den entsprechenden betrieblichen Geschäftsprozessen.

Fuzzy-Theorie-basierte Erweiterungen objektorientierter Modellierungsmethoden für Geschäftsprozesse sind bei Benedicenti et al. [BSVV98] und Cox [Cox99; Cox02] zu finden. Ein auf der Fuzzy-Set-Theorie basierender objektorientierter Ansatz zur Simulation von Geschäftsprozessen wird durch Völkner, Werners [Völk98; VöWe02] vorgestellt.

Zur Beschreibung dynamischer Aspekte betrieblicher Informationssysteme werden u. a. Petri-Netze eingesetzt. Das zweiwertige Verhalten von Stellen und Transitionen eines Petri-Netzes ist bei der Abbildung wissensintensiver und schwach strukturierter Prozesse jedoch von Nachteil. Um das Systemverhalten auch bei unscharfen Prozessbedingungen oder unvollständigen, vagen Informationen darstellen zu können, wurden Petri-Netze durch Fuzzy-Konzepte erweitert. Das Fuzzy-Petri-Netz [Lipp82] entsteht durch die Projektion mehrerer scharfer Petri-Netze, bei der die Strukturinformationen als unscharfe Mengen abgebildet werden.

Becker, Rehfeldt, Turowski [BeRT96; Reh98] zeigen am Beispiel der industriellen Auftragsabwicklung die Berücksichtigung unscharfer Daten in der Geschäftsprozessmodellierung mit Ereignisgesteuerten Prozessketten exemplarisch auf. Als wesentliche, mit Unschärfe in Form von Unsicherheit behaftete exogene Eingangsdaten werden vage Vertriebsinformationen betrachtet, die in vorläufige Kundenaufträge umgewandelt werden. Diese „unscharfe Ergänzung“ der Prozesse wird durch schattierte Objekte visualisiert. Aus methodischer Sicht müssen unscharfe und scharfe Modellobjekte bei der fachkonzeptionellen Darstellung eines Geschäftsprozesses jedoch nicht unterschieden werden. Vielmehr sind auch die das Verhalten beschreibenden Regeln sowie bekannte Parameter (z.B. Partitionierungen) im Sinne eines umfassenden Wissensmanagements unabhängig von einem Implementierungsmodell bereits beim Design der Prozesse auf der fachlichen Ebene zu erfassen.

Thomas und Adam [ThHA02; AdTh05; AdTL06] untersuchen mit weiteren Co-Autoren, wie unscharfe Daten zum Design wissensintensiver und schwach strukturierter Geschäftsprozesse und ihrer Implementierung in Anwendungssystemen genutzt werden können. Die von den Autoren entwickelte Idee wurde in diesem Beitrag erweitert und formalisiert.

7 Zusammenfassung und zukünftige Forschungsfragen

In dem vorliegenden Beitrag wurde ein Ansatz zur Integration von Unschärfeaspekten in das Geschäftsprozessmanagement entwickelt. Die Integration wurde in zweierlei Hinsicht beispielhaft vollzogen. Erstens erfolgte die Berücksichtigung unscharfer Daten mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie als Teilgebiet des Soft Computing. Zweitens wurde sie am Beispiel einer etablierten Modellierungssprache für Geschäftsprozesse, der Ereignisgesteuerten Prozesskette, durchgeführt. Das Konzept entspricht im übertragenen Sinne einer „Ebenenerweiterung“ der Beschreibungssprache: Während die Geschäftsprozessmodelle auf die zum Verstehen der Geschäftslogik durch den Endanwender notwendigen Inhalte begrenzt sind, wird das Fachwissen zur Entscheidungsunterstützung einzelnen Modellelementen hinterlegt.

Insbesondere in den beschriebenen Anwendungen zeigte sich, dass durch die Modellierung vagen Wissens mit Fuzzy Logic im Geschäftsprozessmanagement viele Situationen exakter als bisher beschrieben werden können. Daher eignen sich auf Fuzzy-Logik aufbauende regelbasierte Systeme in hohem Maße zur Steuerung von Prozessen. Da die Regelbasis auf Wenn-Dann-Regeln basiert, kann ihr funktionales Verhalten relativ leicht nachvollzogen und vorhandenes Wissen relativ einfach integriert werden. Bei Modifikation des zu steuernden Prozesses können alte Regeln direkt übernommen oder müssen nur geringfügig modifiziert werden. Dies erleichtert die ständige Verbesserung der Prozessdefinitionen im Sinne eines Continuous Process Improvement [Robs91; Sche96].

Eine zukünftige Herausforderung für ihre Forschungstätigkeiten sehen die Autoren vor allem in der Beantwortung der Frage, ob im Fuzzy-Geschäftsprozessmanagement die Erstellung adäquater linguistischer Variablen und Regelbasen wirtschaftlich sinnvoll erfol-

gen kann. Als problematisch erweist sich in der Praxis insbesondere das Aufstellen der Regelbasis. Jedes ungewünschte Fehlverhalten muss vom Entwickler analysiert und entsprechend „von Hand“ korrigiert werden. Durch die Optimierung regelbasierter Fuzzy-Systeme mittels neuronaler Netze können Fuzzy-Mengen angepasst und die Regelbasis erlernt bzw. korrigiert werden. Die Fähigkeit von künstlichen neuronalen Netzen zum Aufdecken von Geschäftslogik in Prozessen („Process Mining“) sowie zur Verbesserung von Geschäftsprozessen durch Lernen werden aktuell diskutiert [AdTL06].

Danksagung. Das in diesem Beitrag präsentierte Anwendungsszenario resultiert aus dem Forschungsprojekt „Referenzmodell-gestütztes Customizing unter Berücksichtigung unscharfer Daten“, Kennwort: Fuzzy-Customizing, Teilprojekt der Forschungskohorte „Betriebliche Referenz-Informationsmodellierung – Designtechniken und domänenbezogene Anwendung“ (BRID²), gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Förderkennzeichen: SCHE 185/25–1). Die Autoren möchten den beiden anonymen Gutachtern danken, deren äußerst wertvollen Hinweise zur Verbesserung einer früheren Version dieses Artikels beigetragen haben.

Literaturverzeichnis

- [AdTh05] Adam, O.; Thomas, O.: A Fuzzy Based Approach to the Improvement of Business Processes. In: Castellanos, M.; Weijters, T. (Hrsg.): *BPI'05 : Workshop on Business Process Intelligence ; Nancy, France, September 5, 2005*. Nancy, 2005, S. 25–35
- [AdTL06] Adam, O.; Thomas, O.; Loos, P.: Soft Business Process Intelligence – Verbesserung von Geschäftsprozessen mit Neuro-Fuzzy-Methoden. In: Lehner, F.; Nösekabel, H.; Kleinschmidt, P. (Hrsg.): *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006 : Band 2*. Berlin : GITO, 2006, S. 57–69
- [BeKR05] Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): *Prozessmanagement : Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung ; mit 41 Tabellen*. 5. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2005
- [BeRT96] Becker, J.; Rehfeldt, M.; Turowski, K.: Auftragsabwicklung mit unscharfen Daten in der Industrie. In: Biethahn, J. et al. (Hrsg.): *Betriebliche Anwendungen von Fuzzy-Technologien : Tagungsband zum 2. Göttinger Symposium Softcomputing am 29. Feb. 1996 an der Universität Göttingen*. Univ. Göttingen, Inst. f. Wirtschaftsinf., Abt. I, 1996, S. 51–61
- [BSVV98] Benedicenti, L.; Succi, G.; Vernazza, T.; Valerio, A.: Object Oriented Process Modeling with Fuzzy Logic. In: Carroll, J. et al. (Hrsg.): *Applied computing 1998 : Proceedings of the 1998 ACM Symposium on Applied Computing ; Atlanta Marriott Marquis Hotel, Atlanta, Georgia, February 27-March 1, 1998*. Danvers, MA : ACM Press, 1998, S. 267–271
- [BISi06] Blechar, M. J.; Sinur, J.: *Magic Quadrant for Business Process Analysis Tools, 2006*. Stamford, CT : Gartner Research, 2006. – Gartner RAS Core Research Note G00137850, 27 February 2006 R1713 06052006
- [BKNK03] Borgelt, C.; Kruse, R.; Nauck, D.; Klawonn, F.: *Neuro-Fuzzy-Systeme : Von den Grundlagen künstlicher Neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen*. 3. Aufl. Wiesbaden : Vieweg, 2003
- [Cox99] Cox, E.: Striving for Imprecision: Fuzzy Knowledge Bases for Business Process Modeling. In: *PC AI 13* (1999), Nr. 4

- [Cox02] Cox, E.: Knowledge-Based Business Process Modeling: Complex Systems Design Through A Fusion of Computational Intelligence And Object-Oriented Models. In: *PC AI 16* (2002), Nr. 2, S. 15–23
- [DuAH05] Dumas, M.; van der Aalst, W. M. P.; ter Hofstede, A. H. M. (Hrsg.): *Process-aware Information Systems : Bridging People and Software through Process Technology*. Hoboken, New Jersey : Wiley, 2005
- [Fort02] Forte, M.: *Unschärfen in Geschäftsprozessen*. Berlin : Weißensee, 2002
- [HoKS92] Hoffmann, W.; Kirsch, J.; Scheer, A.-W.: Modellierung mit Ereignisgesteuerten Prozeßketten : Methodenhandbuch. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Nr. 101, Saarbrücken : Universität des Saarlandes, 1992
- [Hüss03] Hüßelmann, C.: *Fuzzy-Geschäftsprozessmanagement*. Lohmar [u. a.] : Eul, 2003
- [KeNS92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Nr. 89, Saarbrücken : Universität des Saarlandes, 1992
- [KeTe99] Keller, G.; Teufel, T.: *SAP R/3 prozeßorientiert anwenden : Iteratives Prozess-Prototyping mit Ereignisgesteuerten Prozessketten und Knowledge Maps*. 3. Aufl. Bonn [u. a.] : Addison-Wesley, 1999
- [Kind04] Kindler, E.: On the Semantics of EPCs : A Framework for Resolving the Vicious Circle. In: Desel, J.; Pernici, B.; Weske, M. (Hrsg.): *Business Process Management : Second International Conference (BPM 2004), Potsdam, Germany, June 17–18, 2004 ; Proceedings*. Springer, 2004, S. 82–97. – Zugl.: Technical Report, Reihe Informatik tr-ri-03–243, Institut für Informatik, Universität Paderborn, August 2003
- [Kind06] Kindler, E.: On the semantics of EPCs: Resolving the vicious circle. In: *Data & Knowledge Engineering* 56 (2006), Nr. 1, S. 23–40
- [Lipp82] Lipp, H.-P.: Anwendung eines Fuzzy Petri Netzes zur Beschreibung von Koordinationssteuerungen in komplexen Produktionssystemen. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt* 24 (1982), Nr. 5, S. 633–639
- [NüRu02] Nüttgens, M.; Rump, F. J.: Syntax und Semantik Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK). In: Desel, J.; Weske, M. (Hrsg.): *Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen (Promise '2002) : Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam, 9.–11. Oktober 2002*. Bonn : Köllen, 2002, S. 64–77
- [ÖsWi03] Österle, H.; Winter, R.: Business Engineering. In: Österle, H.; Winter, R. (Hrsg.): *Business Engineering : Auf dem Weg zum Unternehmen des Informationszeitalters*. 2. Aufl. Berlin [u. a.] : Springer, 2003, S. 3–19
- [Reht98] Rehfeldt, M.: *Koordination der Auftragsabwicklung : Verwendung von unscharfen Informationen*. Wiesbaden : DUV [u. a.], 1998
- [Robs91] Robson, G. D.: *Continuous process improvement : simplifying work flow systems*. New York, NY : Free Press [u. a.], 1991
- [RoAa06] Rosemann, M.; van der Aalst, W. M. P.: A configurable reference modelling language. In: *Information Systems* (2006). – In Press, Corrected Proof
- [Sche96] Scheer, A.-W.: ARIS-House of Business Engineering : Von der Geschäftsprozeßmodellierung zur Workflow-gesteuerten Anwendung ; vom Business Process Reengineering zum Continuous Process Improvement. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Nr. 133, Saarbrücken : Universität des Saarlandes, 1996
- [Sche97] Scheer, A.-W.: *Wirtschaftsinformatik : Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse*. 7. Aufl. Berlin [u. a.] : Springer, 1997
- [Sche01] Scheer, A.-W.: *ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen*. 4. Aufl. Berlin [u. a.] : Springer, 2001
- [Sche02] Scheer, A.-W.: *ARIS – Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem*. 4. Aufl. Berlin [u. a.] : Springer, 2002

- [ScTA05] Scheer, A.-W.; Thomas, O.; Adam, O.: Process Modeling Using Event-driven Process Chains. In: Dumas, M.; van der Aalst, W. M. P.; ter Hofstede, A. H. M. (Hrsg.): *Process-aware Information Systems : Bridging People and Software through Process Technology*. Hoboken, New Jersey : Wiley, 2005, S. 119–145
- [Thom06] Thomas, O.: Understanding the Term Reference Model in Information Systems Research: History, Literature Analysis and Explanation. In: Bussler, C.; Haller, A. (Hrsg.): *Business Process Management Workshops : BPM 2005 International Workshops, BPI, BPD, ENEL, BPRM, WSCOBPM, BPS, Nancy, France, September 5, 2005 ; Revised Selected Papers*. Berlin : Springer, 2006, S. 484–496
- [ThHA02] Thomas, O.; Hüsselmann, C.; Adam, O.: Fuzzy-Ereignisgesteuerte Prozessketten : Geschäftsprozessmodellierung unter Berücksichtigung unscharfer Daten. In: Nüttgens, M.; Rump, F. J. (Hrsg.): *EPK 2002 : Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten ; Workshop der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) und Treffen ihres Arbeitskreises "Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (WI-EPK)", 21.–22. November in Trier, Proceedings*. Bonn : GI, 2002, S. 7–16
- [Tiet99] Tietze, M.: *Einsatzmöglichkeiten der Fuzzy-Set-Theorie zur Modellierung von Unschärfe in Unternehmensplanspielen*. Göttingen : Unitext, 1999
- [Aals99] van der Aalst, W. M. P.: Formalization and verification of event-driven process chains. In: *Information and Software Technology* 41 (1999), Nr. 10, S. 639–650
- [AaDK02] van der Aalst, W. M. P.; Desel, J.; Kindler, E.: On the semantics of EPCs: A vicious circle. In: Nüttgens, M.; Rump, F. J. (Hrsg.): *EPK 2002 : Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten ; Workshop der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) und Treffen ihres Arbeitskreises "Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (WI-EPK)", 21.–22. November in Trier, Proceedings*. Bonn : GI, 2002, S. 71–79
- [Völk98] Völkner, P.: *Modellbasierte Planung von Geschäftsprozeßabläufen : Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems auf Grundlage objektorientierter Simulation*. Wiesbaden : Gabler, 1998
- [VöWe02] Völkner, P.; Werners, B.: A simulation-based decision support system for business process planning. In: *Fuzzy Sets and Systems* 125 (2002), Nr. 3, S. 275–288
- [Broc03] vom Brocke, J.: *Referenzmodellierung : Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen*. Berlin : Logos, 2003
- [Zade65] Zadeh, L. A.: Fuzzy sets. In: *Information and Control* 8 (1965), Nr. 3, S. 338–353
- [Zade73] Zadeh, L. A.: Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. In: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 3 (1973), Nr. 1, S. 24–44
- [ZALW93] Zimmermann, H.-J. et al. (Hrsg.): *Fuzzy-Technologien : Prinzipien, Werkzeuge, Potentiale*. Düsseldorf : VDI-Verl., 1993
- [ZvCh86] Zvieli, A.; Chen, P. P.-S.: Entity-Relationship Modeling and Fuzzy Databases. In: *International Conference on Data Engineering, February 5–7, 1986, Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA*. Washington, DC : IEEE Computer Society Press, 1986, S. 320–327