

Oliver Thomas

# **Fuzzy Process Engineering**

Integration von Unschärfe  
bei der modellbasierten Gestaltung  
prozessorientierter Informationssysteme

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XVII</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Motivation .....	3
1.3 Inhalt.....	5
<b>2 Modellbasierte Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme.....</b>	<b>8</b>
2.1 Prozessorientierte Informationssysteme.....	8
2.1.1 Stellenwert der Informationsverarbeitung in Wirtschaft und Verwaltung....	8
2.1.2 Entwicklung der Organisationsformen von der Funktions- zur Prozessorientierung .....	9
2.1.3 Integrationsanforderungen prozessorientierter Informationssysteme .....	12
2.1.3.1 Datenintegration .....	12
2.1.3.2 Systemintegration .....	15
2.1.3.3 Prozessintegration.....	17
2.1.4 Neue Management- und Systemarchitekturkonzepte .....	19
2.1.5 Bedeutung von Modellen für die Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme.....	20
2.2 Prozessmodellierung .....	21
2.2.1 Prozessmodellbegriff.....	21
2.2.2 Prozessmodellierungssprachen.....	24
2.2.3 Ereignisgesteuerte Prozesskette.....	26
2.2.3.1 Einordnung und graphentheoretische Charakterisierung .....	26
2.2.3.2 Grundlegende Sprachkonstrukte .....	27
2.2.3.3 Syntaxregeln .....	29

2.2.3.4	ARIS-Sprachkonstrukte.....	30
2.2.3.5	Geteilte Operatoren .....	31
2.2.3.6	Modellierung sequenzieller Abläufe.....	32
2.2.3.7	Prozesswegweiser und Funktionsverfeinerung .....	33
2.2.3.8	Metamodell.....	35
2.2.3.9	Handlungsanleitung.....	37
2.2.4	Fachliche versus technische Prozessbeschreibungen .....	43
2.3	Prozessmodellarten.....	44
2.3.1	Klassifikationssystem für Prozessmodelle .....	44
2.3.2	Modellentwicklung.....	47
2.3.2.1	Informationssystem.....	47
2.3.2.2	Beschreibungsebene .....	48
2.3.2.3	Geltungsanspruch .....	50
2.3.2.4	Abstraktionsgrad.....	51
2.3.2.5	Aggregationsgrad .....	53
2.3.3	Modellanwendung .....	54
2.3.3.1	Individualität.....	54
2.3.3.2	Wiederverwendung.....	57
2.3.3.3	Ablauffähigkeit.....	59
2.3.3.4	Ausführbarkeit.....	61
2.3.4	Konstruktionsprozess .....	64
2.3.4.1	Erkenntnisweg .....	64
2.3.4.2	Konstruktionsart .....	66
2.3.4.3	Interaktionsgrad.....	67
2.3.5	Konstruktionsergebnis .....	68
2.3.5.1	Repräsentationsform.....	68
2.3.5.2	Formalisierungsgrad.....	69
2.3.5.3	Informationsspeicherung.....	71
2.4	Vorgehensmodell zur modellbasierten Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme .....	74
2.4.1	Ordnungsrahmen .....	74
2.4.2	Gestaltungsaufgabe.....	77
2.4.3	Modellierungssprachen.....	77
2.4.4	Modellierungswerkzeuge .....	80
2.5	Anwendung des Vorgehensmodells.....	81
2.5.1	Einführung in eine Anwendungssituation .....	81
2.5.2	Prozessgestaltung .....	83
2.5.3	Prozesskonfiguration .....	85
2.5.4	Prozesskonvertierung .....	88

2.5.5 Kritische Erfolgsfaktoren der modellbasierten Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme.....	90
<b>3 Fuzzy-Methoden für die Prozessmodellierung .....</b>	<b>92</b>
3.1 Unschärfe in Prozessmodellen .....	92
3.1.1 Vorüberlegungen.....	92
3.1.1.1 Zwecke, Adressaten, Partizipanten und charakteristische Modellierungsvorhaben.....	92
3.1.1.2 Identifikation und Klassifikation von Unschärfe in der Prozessmodellierung.....	93
3.1.2 Einführung in eine Anwendungssituation .....	93
3.1.3 Identifikation der Unschärfe im Anwendungsfall .....	95
3.1.3.1 Unschärfe durch die Verwendung der natürlichen Sprache.....	95
3.1.3.2 Unschärfe durch die Komplexität von Begriffen und Wahrnehmungsgrenzen .....	97
3.1.3.3 Unschärfe durch die Konstruktion von Modellen .....	99
3.2 Unschärfebegriff.....	101
3.2.1 Existierende Begriffsauffassungen .....	101
3.2.1.1 Spektrum.....	101
3.2.1.2 Profil.....	102
3.2.2 Kritische Würdigung .....	103
3.2.3 Explikation und Abgrenzung des Unschärfebegriffs.....	105
3.2.3.1 Terminologisches Klassifikationssystem.....	105
3.2.3.2 Sicherheit.....	106
3.2.3.3 Unsicherheit bezüglich des Eintretens.....	107
3.2.3.3.1 Risiko.....	107
3.2.3.3.2 Ungewissheit .....	107
3.2.3.4 Unsicherheit bezüglich der Daten .....	108
3.2.3.4.1 Unvollständigkeit .....	108
3.2.3.4.2 Unschärfe.....	109
3.3 Repräsentation von Unschärfe mit Hilfe der Fuzzy-Set-Theorie.....	112
3.3.1 Historie und Einordnung der Fuzzy-Theorie.....	112
3.3.2 Mengen.....	114
3.3.2.1 Mengentheorie.....	114
3.3.2.2 Indikatorfunktionen .....	116
3.3.2.3 Relationen.....	119
3.3.2.4 Mengenoperationen .....	120
3.3.3 Fuzzy-Mengen.....	122
3.3.3.1 Von scharfen zu unscharfen Mengen.....	122
3.3.3.2 Fuzzy-Mengendefinition .....	126

3.3.3.3	Semantik von Fuzzy-Mengen.....	130
3.3.3.3.1	Kritische Würdigung .....	130
3.3.3.3.2	Interpretation von Zugehörigkeitsgraden .....	131
3.3.3.4	Kenngrößen und Darstellungsformen unscharfer Mengen.....	134
3.3.3.5	Fuzzy-Relationen.....	136
3.3.3.6	Fuzzy-Teilmengen .....	138
3.3.4	Fuzzy-Mengenoperationen .....	139
3.3.4.1	Die fuzzy-theoretische Erweiterung der Mengenoperationen .....	139
3.3.4.2	ZADEHS Verallgemeinerung .....	141
3.3.4.3	Trianguläre Normen und Conormen.....	144
3.3.5	Fuzzy-Linguistik.....	152
3.3.5.1	Das Konzept der linguistischen Variablen.....	152
3.3.5.2	Fuzzy-linguistische Modifikatoren.....	153
3.3.5.3	Definition linguistischer Variablen.....	156
3.3.5.4	Partitionen und Geltungsvariablen .....	160
3.3.5.5	Fuzzy-Regeln.....	161
3.3.6	Fuzzy-Systeme .....	165
3.3.6.1	Struktur eines Fuzzy-Systems .....	165
3.3.6.2	Subsysteme eines Fuzzy-Systems .....	166
3.3.6.2.1	Wissensbasis.....	166
3.3.6.2.2	Fuzzifizierer.....	167
3.3.6.2.3	Entscheidungslogik .....	167
3.3.6.2.4	Defuzzifizierer .....	168
3.3.6.3	Fuzzy-Systemdefinition.....	168
3.3.6.4	Defuzzifizierungsmethoden.....	173
3.3.6.5	Fuzzy-Klassifikationssysteme .....	175
<b>4</b>	<b>Entwicklung einer Methode zur Integration von Unschärfe in die</b>	
	<b>Prozessmodellierung.....</b>	<b>179</b>
4.1	Integrationsstrategie .....	179
4.2	Existierende Ansätze zur Integration von Unschärfe in die	
	Prozessmodellierung .....	181
4.2.1	Der Ansatz von REHFELDT.....	181
4.2.2	Der Ansatz von FORTE .....	182
4.2.3	Der Ansatz von HÜSSELMANN .....	183
4.2.4	Weitere Ansätze .....	184
4.2.5	Kritische Würdigung und weiteres Vorgehen .....	185
4.3	Fuzzy-Ereignisgesteuerte Prozessketten .....	189
4.3.1	EPK-Modelle.....	189
4.3.1.1	Semantik.....	189

4.3.1.2	Syntax .....	191
4.3.2	ARIS-EPK-Modelle .....	197
4.3.3	Attributierte ARIS-EPK-Modelle .....	200
4.3.4	Fuzzy-EPK-Modelle .....	204
4.4	Informationsmodell der Fuzzy-Prozessmodellierung .....	208
4.4.1	Modellierungsstrategie .....	208
4.4.1.1	Erfassung der Modellierungsaufgabe und Auswahl einer Modellierungssprache .....	208
4.4.1.2	Charakterisierung des Informationsmodells .....	212
4.4.2	Makromodell .....	214
4.4.3	Mikromodelle .....	216
4.4.3.1	Fuzzy-Menge .....	216
4.4.3.1.1	Scharfe Mengen .....	216
4.4.3.1.2	Indikator- und Zugehörigkeitsfunktionen .....	217
4.4.3.1.3	Unschärfe Elemente und Mengen .....	219
4.4.3.2	Linguistische Variable .....	221
4.4.3.2.1	Linguistische Terme .....	221
4.4.3.2.2	Mengenbezug von linguistischen Variablen .....	222
4.4.3.2.3	Variablenbasis .....	224
4.4.3.3	Fuzzy-Regel .....	225
4.4.3.3.1	Fuzzy-Aussagen .....	225
4.4.3.3.2	Fuzzy-Regelstrukturen .....	226
4.4.3.3.3	Kontrollfluss-Fuzzy-Klassifikationsregeln .....	227
4.4.3.3.4	Regelbasis .....	228
4.4.3.4	Fuzzy-System .....	229
4.4.3.4.1	Operatoren und Defuzzifizierungsverfahren .....	229
4.4.3.4.2	Klassische Fuzzy-Systeme .....	231
4.4.3.4.3	Kontrollfluss-Fuzzy-Klassifikationssysteme .....	232
4.4.3.4.4	Regelsysteme .....	233
4.4.3.5	Entscheidungsunterstützung .....	235
4.4.3.5.1	Wissensbasis .....	235
4.4.3.5.2	Attributierung .....	236
4.4.3.5.3	Fuzzy-Attributierung .....	237
4.4.3.5.4	Entscheidungsunterstützungssysteme .....	238
4.4.3.5.5	Modellierungsaktivitäten .....	239
4.4.3.5.6	Gestaltung der Wissensbasis .....	240
4.4.3.6	Gesamtmodell .....	243
4.5	Implementierung eines Fuzzy-Modellierungswerkzeugs .....	247
4.5.1	Implementierungsstrategie .....	247
4.5.2	Funktionalitäten .....	249

4.5.3 Benutzungsoberfläche .....	250
<b>5 Austausch- und Speicherformat für unscharfe Prozessmodelle .....</b>	<b>253</b>
5.1 Elektronischer Datenaustausch.....	254
5.1.1 Geschäftsdatenaustausch im Electronic Business .....	254
5.1.2 Geschäftsprozessmanagement im Electronic Business .....	255
5.1.3 E-Business-Geschäftsprozessmodellierung.....	256
5.2 Austausch- und Speicherformate für Prozessmodelle.....	258
5.2.1 Notwendigkeit zur Definition von Austauschformaten .....	258
5.2.2 Standardisierung und Konvertierung.....	260
5.2.3 Konvertierungsstrategien.....	261
5.2.3.1 Linear- und Ringstrategien .....	262
5.2.3.2 Netz- und Peer-to-Peer-Strategien .....	263
5.2.3.3 Intermediärstrategien.....	263
5.2.4 Auswahl einer Konvertierungsstrategie.....	265
5.2.5 Extensible Markup Language.....	267
5.2.6 XML-basierte Austauschformate für Prozessmodelle.....	273
5.2.7 EPC Markup Language .....	276
5.3 Austausch- und Speicherformate für Fuzzy-Systeme .....	279
5.3.1 Existierende Ansätze .....	279
5.3.2 Kritische Würdigung .....	282
5.4 Fuzzy EPC Markup Language .....	283
5.4.1 Erweiterungsstrategie .....	283
5.4.2 Erweiterte Attributierung und Fuzzy-Attribute .....	285
5.4.3 Basiselemente von Fuzzy-Systemen .....	288
5.4.3.1 Defuzzifizierungsmethoden.....	289
5.4.3.2 Fuzzy-Operatoren .....	289
5.4.3.3 Variablenbasis.....	292
5.4.4 Kontrollfluss-Fuzzy-Klassifikationssysteme.....	294
5.4.5 Klassische Fuzzy-Systeme .....	296
5.4.6 Unscharfe Funktionen an Entscheidungspunkten .....	297
5.5 Anwendungsszenario.....	298
<b>6 Anwendung der Methode zur Integration von Unschärfe in die Prozessmodellierung.....</b>	<b>305</b>
6.1 Fuzzy-Entscheidungsunterstützung im Kapazitätsabgleich .....	305
6.1.1 Produktionsplanungs- und -steuerungsprozesse.....	306
6.1.2 Kapazitätsabgleichsmodelle .....	308
6.1.3 Entscheidungsunterstützung im Kapazitätsabgleich .....	311
6.1.4 Abbildung des unscharfen Entscheidungswissens .....	314

---

6.1.5 Erweiterungspotenziale .....	319
6.2 Fuzzy-Systeme für effiziente Dienstleistungsprozesse im technischen Kundendienst.....	321
6.2.1 Einführung in die Anwendungssituation .....	322
6.2.1.1 Ausgangssituation und Problemstellung .....	322
6.2.1.2 Zielsetzung und Lösungsansatz.....	322
6.2.1.3 Konkretisierung der Anwendungsdomäne .....	323
6.2.2 Kundendienstprozesse der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik .....	323
6.2.2.1 Perspektive der Hersteller.....	323
6.2.2.2 Perspektive der SHK-Betriebe .....	324
6.2.2.3 Perspektive der SHK-Kundendiensttechniker.....	324
6.2.3 Unterstützung der Dienstleistungserbringung durch die Fuzzy-Prozessmodellierung und -steuerung.....	325
6.2.3.1 Lösungsansatz.....	325
6.2.3.2 Informationsbasis für Serviceprozesse .....	325
6.2.3.2.1 Funktionen.....	326
6.2.3.2.2 Baugruppen .....	327
6.2.3.2.3 Serviceprozesse .....	327
6.2.3.3 Exemplarisches Serviceprozessmodell.....	329
6.2.3.4 Erweiterung des Serviceprozessmodells zur Berücksichtigung von Fuzzy-Daten .....	334
6.2.3.5 Funktionsweise des eingebetteten Fuzzy-Systems .....	336
6.2.4 Informationstechnische Realisierung .....	345
6.2.4.1 Systemarchitektur .....	345
6.2.4.2 Mobiles Anwendungssystem .....	347
<b>7 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick .....</b>	<b>349</b>
7.1 Zusammenfassung.....	349
7.2 Zukünftiger Forschungsbedarf .....	350
<b>Literatur .....</b>	<b>353</b>