

Antonie Jetter

Produktplanung im Fuzzy Front End

Handlungsunterstützungssystem auf der Basis
von Fuzzy Cognitive Maps

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Hans-Horst Schröder

Deutscher Universitäts-Verlag

2	Unsicherheitsmanagement als zentrale Aufgabe der frühen Produktentstehungsphasen	38
2.1	Der Begriff der Unsicherheit	39
2.1.1	Allgemeine Ansätze zur Charakterisierung von Unsicherheit.....	39
2.1.1.1	Subjektivität und Objektivität zur Charakterisierung von Unsicherheit.....	39
2.1.1.2	Inhaltliche Charakterisierung von Unsicherheit.....	42
2.1.1.3	Konsequenzen unterschiedlicher Charakterisierungsansätze.....	44
2.1.2	Spezieller Ansatz: Das integrierte Unsicherheitsmodell nach <i>SCHRADER ET AL.</i>	45
2.1.2.1	Unsicherheit als Folge der Problemeingrenzung	46
2.1.2.2	Bestimmungsgrößen und Auswirkungen der Problemeingrenzung.....	48
2.1.2.3	Beurteilung des integrierten Modells im Rahmen dieser Arbeit.....	50
2.2	Strategien für das Unsicherheitsmanagement.....	51
2.2.1.1	Unsicherheitsabbau durch Verkürzung der „time to market“	53
2.2.1.2	Unsicherheitsabbau durch „front-loading“.....	54
2.2.1.3	Erhöhung der Unsicherheitstoleranz durch Flexibilisierung.....	55
2.3	Fazit: Unsicherheitsmanagement in den frühen Phasen der Produktentstehung.....	56
3	Theorie und Praxis der frühen Produktentstehungsphasen	57
3.1	Modelle der frühen Produktentstehungsphasen.....	57
3.1.1	Aktivitätenmodelle.....	57
3.1.2	Integrierte Front-End Modelle.....	59
3.1.2.1	Front-End Modell von <i>KHURANA</i> und <i>ROSENTHAL</i>	60
3.1.2.2	New Concept Development Model von <i>KOEN ET AL.</i>	61
3.1.3	Erfolgsorientierte Front-End Modelle	64
3.1.3.1	„Causal Model“ von <i>ZHANG</i> und <i>DOLL</i>	64
3.1.3.2	Bezugsrahmen der explorativen Studie von <i>HERSTATT, VERWORN</i> und <i>NAGAHIRA</i>	68
3.1.3.3	„Framework of FFE performance“ von <i>KIM</i> und <i>WILEMON</i>	70
3.1.4	Prozessauswahlorientiertes Front-End Modell nach <i>REINERTSEN</i>	73
3.1.5	Zusammenfassung: Forschungsansätze und Erkenntnisziele der FFE Forschung.....	75
3.2	Praxis der frühen Produktentstehungsphasen.....	80
3.2.1	Gestaltung des Fuzzy Front Ends	80
3.2.2	Einfluss des Fuzzy Front Ends auf den Produktentwicklungserfolg	81
3.2.3	Erfolgsfaktoren des Fuzzy Front Ends.....	82

3.2.4	Situative Einflüsse auf die optimale FFE Gestaltung	89
3.2.5	Zusammenfassende Betrachtung der vorliegenden Erkenntnisse.....	90
3.3	Fazit: Die frühen Phasen der Produktentstehung im Rahmen dieser Arbeit	92
C	Methoden und Instrumente für die frühen Phasen der Produktentwicklung	95
1	Herkömmliche Methoden und Instrumente für die frühen Phasen der Produktentstehung.....	97
1.1	Allgemeine Methoden und Instrumente	98
1.1.1	Methoden und Instrumente für die Phase der Ideengenerierung und -auswahl	98
1.1.1.1	Suchfeldbestimmung durch Ermittlung von Kundenbedürfnissen („Demand Pull“).....	100
1.1.1.1.1	Beobachtung der Produktnutzung	102
1.1.1.1.2	Befragung der Nutzer	103
1.1.1.1.3	Verarbeitung und Interpretation der Befragungs- und Beobachtungsdaten.....	104
1.1.1.2	Suchfeldbestimmung durch Ermittlung technologischer Potenziale („Technology Push“)	110
1.1.1.2.1	Ermittlung relevanter Technologien.....	112
1.1.1.2.2	Erstellung von Technologieprognosen.....	114
1.1.1.3	Ideensuche	116
1.1.1.3.1	Ideensuche durch systematische Sammlung von Ideen	116
1.1.1.3.2	Ideensuche durch Kreativitätstechniken.....	120
1.1.1.4	Ideenauswahl	122
1.1.1.4.1	Bewertungskriterien	123
1.1.1.4.2	Bewertungsverfahren.....	125
1.1.2	Methoden und Instrumente für die Phase Produktkonzeptfindung	129
1.1.2.1	Ermittlung von Kundenanforderungen für Produktkonzepte....	130
1.1.2.2	Konzeptentwicklung.....	132
1.1.2.3	Konzepttests	136
1.1.3	Methoden und Instrumente für die Phase der Projektplanung.....	137
1.1.3.1	Kostenschätzung.....	139
1.1.3.2	Design-Struktur-Matrix	141
1.2	Spezifische Front-End Lösungen.....	143
1.2.1	Fragenkatalog nach <i>RICE ET AL.</i>	143
1.2.2	Software-Tool „Galileo“ nach <i>MONTOYA-WEISS UND O'DRISCOLL</i>	145
1.3	Fazit: State of the Art.....	149

2	Konzeptionelle Grundlagen neuer Methoden und Instrumente für die frühen Phasen der Produktentstehung	154
2.1	Systemdenken.....	154
2.1.1	System Dynamics.....	155
2.1.2	Methode des Vernetzten Denkens	157
2.1.3	Soft System Methodology.....	162
2.1.4	Potenziale des Systemdenkens zur Unterstützung der frühen Phasen	166
2.2	Denken in Szenarien	167
2.2.1	Methoden zur Identifikation von Schlüsselvariablen	169
2.2.2	Methoden zur Prognose zukünftiger Entwicklungen.....	171
2.2.3	Methoden zur Erstellung stimmiger Zukunftsbilder.....	172
2.2.4	Potenziale des Denkens in Szenarien zur Unterstützung der frühen Phasen.....	174
2.3	„Knowledge Mapping“	174
2.3.1	Wissenspsychologische Grundlagen des „Knowledge Mapping“	175
2.3.1.1	Erfassung von Wissensinhalten.....	175
2.3.1.2	Erfassung von Wissensstrukturen	177
2.3.1.3	Erfassung umfangreicher und komplexer Wissensgefüge	178
2.3.1.4	Kartendarstellung von Wissensgefügen	180
2.3.2	Karten zur Erklärung und Unterstützung von Lernprozessen: Concept und Mind Maps.....	181
2.3.3	Karten im Wissensmanagement.....	183
2.3.3.1	Concept- und Mind Maps im Wissensmanagement.....	184
2.3.3.2	Topic Maps.....	185
2.3.4	Karten in der „Managerial Cognition“.....	189
2.3.5	Potenziale des Knowledge Mapping zur Unterstützung der frühen Phasen.....	192
2.4	Fazit – Konzeptionelle Grundlagen als Denkrichtung für neue Instrumente und Methoden	194
3	Anwendung der konzeptionellen Grundlagen: neue Methoden und Instrumente	196
3.1	Soft-System-Methodology für Innovationen	197
3.1.1	Ablauf	197
3.1.2	Bewertung	200
3.2	Szenariobasierte Produktentwicklung	202
3.2.1	Robuste Produktstrategien	203
3.2.2	Robuste technische Prinziplösungen	205

3.2.3	Zukunftsrobuste Produkt- und Technik-Leitbilder	206
3.2.4	Bewertung	206
3.3	Information Acceleration	208
3.4	Concept Maps	210
3.5	Bayes-Netze	213
3.6	Fazit	217
D	Theoretische und methodische Grundlagen des Handlungs-	
	unterstützungssystems	221
1	Theoretische Grundlagen: handlungspsychologischer Bezugsrahmen.....	223
1.1	Modelle und Barrieren der Handlungsregulation	225
1.1.1	Lernen in komplexen Handlungssituationen nach <i>STERMAN</i>	225
1.1.2	Prozess der Handlungsregulation nach <i>DÖRNER</i>	227
1.1.2.1	Zielbildung	228
1.1.2.2	Informationssammlung und Modellbildung	230
1.1.2.3	Prognose und Extrapolation	231
1.1.2.4	Planung, Entscheidung, Durchführung	232
1.1.2.5	Effektkontrolle.....	233
1.1.3	Exkurs: Barrieren der Handlungsregulation im organisationalen Kontext	235
1.2	Lösungsstrategien für eine erfolgreiche Handlungsregulation	238
1.2.1	„Microworlds“ als Lösungsstrategie nach <i>STERMAN</i> und <i>SENGE</i>	238
1.2.2	Training als Lösungsstrategie nach <i>ESPE</i> und <i>DÖRNER</i>	240
1.3	Fazit: Potenziale von „Microworlds“ bei der Handlungsregulation im Fuzzy Front End	245
2	Methodische Grundlagen: Fuzzy Cognitive Maps.....	248
2.1	Fuzzy Cognitive Maps nach <i>KOSKO</i>	248
2.1.1	Erweiterung „klassischer“ Cognitive Maps durch die Fuzzy Set Theorie	248
2.1.1.1	„Klassische“ Cognitive Maps nach <i>AXELROD</i>	248
2.1.1.2	Unscharfe Mengen	250
2.1.1.3	Komplemente unscharfer Mengen	250
2.1.1.4	Rechenoperationen mit unscharfen Mengen	251
2.1.1.5	Konzepte kognitiver Karten als unscharfe Mengen	251
2.1.1.6	Kausalitätsbeziehungen und unscharfe Mengen	251
2.1.2	Erweiterung „klassischer“ Cognitive Maps durch Theorie der neuronalen Netze	254
2.1.3	„Simple FCM“ nach <i>KOSKO</i>	256

2.2	Weiterentwicklungen und Einsatzgebiete von Fuzzy Cognitive Maps	258
2.2.1	Offenlegung des Kausalwissens von Experten	260
2.2.1.1	Expertenauswahl	260
2.2.1.2	Möglichkeiten zur Offenlegung von Kausalwissen	262
2.2.1.2.1	Möglichkeit 1: Keine explizite Offenlegung mentaler Modelle.....	263
2.2.1.2.2	Möglichkeit 2: Offene Verfahren zur Offenlegung mentaler Modelle.....	263
2.2.1.2.3	Möglichkeit 3: Verdeckte Verfahren zur Offenlegung mentaler Modelle.....	265
2.2.1.2.4	Möglichkeit 4: Kombination offen gelegter mentaler Modelle unterschiedlicher Experten.....	267
2.2.1.3	Ermittlung der Gewichte von Kausalbeziehungen	269
2.2.1.4	Sonderfall: Analyse quantitativer Daten statt Offenlegung von Expertenwissen.....	270
2.2.2	Erstellung des FCM-Modells.....	271
2.2.2.1	Wahl der Transferfunktion	273
2.2.2.2	Modellierung konditionaler Aussagen	275
2.2.2.3	Berücksichtigung von Zeit	276
2.2.3	Modelltest, Modellanwendung und Modellanpassung	277
2.2.3.1	Beobachtbares Systemverhalten.....	277
2.2.3.2	Wahl des Eingangsvektors	280
2.2.3.3	Eingangsvektor und Systemverhaltens im Testfall	281
2.2.3.3.1	Vergleich mit historischen Daten.....	283
2.2.3.3.2	Test auf Adäquanz der Modellgrenzen	285
2.2.3.3.3	Strukturanalyse.....	285
2.2.3.3.4	Extremwerttests und Sensitivitätsanalysen	286
2.2.3.3.5	Tests des allgemeinen Systemverhaltens	288
2.2.4	Interpretation der Ergebnisse	289
2.2.5	Verifizierung und Validierung im Prozess der FCM-Simulation und Prognose	290
2.3	Fazit: Fuzzy Cognitive Maps für die Erstellung von „Microworlds“	295
3	Einsatz von FCMs zur Handlungsunterstützung im FFE: Das Konzept des HAUS	296
3.1	Modul 1: Situationsanalyse und Strategiewahl	298
3.2	Modul 2: FCM-Modellierung	298
3.2.1	Umfeld-Anforderungs-Modell.....	300
3.2.2	Technologie-Machbarkeits-Modell	301

3.2.3	Komponentenmodell.....	302
3.2.4	Gesamtprojektmodell.....	303
3.3	Modul 3: Beurteilung neuer Informationen.....	304
3.4	Modul 4: FCM Modellanwendung.....	304
3.5	Modul 5: Planung, Durchführung und Effektkontrolle.....	304
3.6	Vorläufige Beurteilung des HAUS.....	305
E	Ausgestaltung des Handlungsunterstützungssystems.....	307
1	Vorüberlegungen zur Ausgestaltung des HAUS.....	309
1.1	Vorstudien zur Erstellung von FCM-Modellen.....	310
1.1.1	Motivation und Zielsetzung der Vorstudien.....	310
1.1.2	Vorstudie 1: „Kausalkartenerstellung durch Experten“.....	313
1.1.2.1	Probanden- und Themenwahl.....	313
1.1.2.2	Allgemeiner Ablauf der Untersuchung.....	314
1.1.2.2.1	Vorgehen zur Erfassung von Wissensinhalten.....	315
1.1.2.2.2	Vorgehen zur Erfassung von Wissensstrukturen.....	316
1.1.2.3	Ergebnisse zum Prozess der Kausalkartendarstellung.....	319
1.1.2.3.1	Ergebnisse der Erfassung von Wissensinhalten.....	319
1.1.2.3.2	Ergebnisse der Erfassung von Wissensstrukturen.....	320
1.1.2.4	Ergebnisse zur Qualität der erstellten Karten.....	322
1.1.2.4.1	Vollständigkeit.....	326
1.1.2.4.2	Plausibilität.....	329
1.1.2.4.3	Zielbezug.....	330
1.1.2.4.4	Detaillierungsniveau und Differenzierung.....	331
1.1.2.4.5	Zeitliche Dimension.....	334
1.1.2.4.6	Systemverhalten.....	335
1.1.3	Fazit: Verbesserungspotenziale auf Basis der vorliegenden Ergebnisse...	337
1.1.4	Vorstudie 2: „Gruppenkarten vs. kombinierte Individualkarten“.....	340
1.1.4.1	Kombination von Einzelkarten.....	340
1.1.4.2	„Lernende“ FCMs durch Kartenkombination.....	343
1.1.4.3	Kombinierte Individualkarten im Vergleich mit Gruppenkarten.....	343
1.1.4.4	Verbesserungspotenziale auf Basis der vorliegenden Ergebnisse.....	347
1.1.5	Vorstudie 3: „Text-Mining zur Erstellung von Konzeptlisten“.....	348
1.1.6	Fazit der Vorstudien: Allgemeine Leitlinien der FCM-Erstellung.....	353

1.2	Empfehlungen zur Erstellung von FCM-Modellen - Vorgehen und technische Umsetzung	354
1.2.1	Vorgehensmethodik	354
1.2.1.1	Schritt 1: Ziel- und Informationsbedarfsanalyse	355
1.2.1.2	Schritt 2: Informationsdeckungsanalyse	357
1.2.1.3	Schritt 3: Erfassung von Wissen	360
1.2.1.4	Schritt 4: Konzeptionelle FCM (Grobentwurf)	361
1.2.1.5	Schritt 5: Parametrisierte FCM (Feinentwurf)	362
1.2.1.6	Schritt 6: Test und Anpassung	363
1.2.2	Ansatzpunkte für eine Softwarelösung zur FCM-Erstellung	364
1.2.2.1	Architektur einer möglichen Softwarelösung	365
1.2.2.2	Potenziale eines Softwareeinsatzes im Rahmen der Vorgehensmethodik	367
1.2.2.3	Ausgewählte Funktionen einer Softwarelösung	369
1.2.2.3.1	Eingabe von Kausalkarten	369
1.2.2.3.2	Eingabe von Konzepten	370
1.2.2.3.3	Strukturierte Erfassung von ergänzenden Konzeptinformationen	371
1.2.2.3.4	Strukturierte Erfassung von Informationen zu Konzeptbeziehungen	372
1.2.2.3.5	Komplexitätsreduktion und Vollständigkeitskontrolle	372
1.3	Fazit der Vorüberlegungen zur Ausgestaltung des HAUS	374
2	Die einzelnen Module des HAUS	376
2.1	Einführung der Konzeptstudie „Laserreinigungsanlage für Formteilformen“	377
2.1.1	Aktuelles Produkt: Mobile, automatische Reinigungsanlage für Reifenvulkanisierformen	377
2.1.2	Neue Produktidee: mobile, automatische Reinigungsanlage für kleine Formteilverkürterformen	380
2.1.3	Charakterisierung der Konzeptstudie	381
2.2	Modul 1: Situationsanalyse und Strategiewahl	383
2.2.1	Allgemeine Beschreibung von Modul 1	383
2.2.1.1	Zielanalyse	383
2.2.1.2	Informationsbedarfsanalyse und Informationsdeckungsanalyse	386
2.2.2	Beispielhafte Anwendung von Modul 1 auf die Konzeptstudie	392
2.3	Modul 2: FCM-Modellierung	395
2.3.1	Allgemeine Beschreibung von Modul 2	395

2.3.2	Beispielhafte Anwendung von Modul 2 auf die Konzeptstudie	398
2.3.2.1	Umfeld-Anforderungs-Modell	398
2.3.2.1.1	Wissenserfassung	398
2.3.2.1.2	FCM-Modellierung	402
2.3.2.2	Technologie-Machbarkeits-Modell	408
2.3.2.3	Komponentenmodell „YAG-Laser“	414
2.3.2.4	Gesamtprojektmodell	416
2.4	Module 3 und 4: Beurteilung neuer Informationen und FCM- Modellanwendung	418
2.4.1	Allgemeine Beschreibung von Modul 3 und 4	418
2.4.2	Beispielhafte Anwendung von Modul 3 und 4 auf die Konzeptstudie	419
2.4.2.1	Relevanzprüfung	420
2.4.2.2	Prognose und Extrapolation	422
2.4.2.3	Entscheidung	425
2.5	Modul 5: Planung, Durchführung und Effektkontrolle	426
3	Beurteilung des HAUS	430
3.1	Konzeptionelle Beurteilung des HAUS anhand der Anforderungen der Produktentstehung	430
3.2	Praktische Beurteilung des HAUS anhand der Konzeptstudie	432
F	Zusammenfassung und Ausblick	437
1	Rückblick und Zusammenfassung	439
2	Forschungsbedarf und Ausblick	444
	Anhang	447
	Literaturverzeichnis	467