

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Rahmenbedingungen	1
1.2 Problemstellung und Herausforderungen	4
1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	5
1.4 Rolle des Komplexitätsingenieurs	7
1.5 Beispielhaftes Anwendungsszenario	10
2 Grundlagen zur Modellierung komplexer Systeme	15
2.1 System und Systemverständnis	15
2.1.1 Systemtheorie und Systembegriff	16
2.1.2 Systemtechnik und Theorie technischer Systeme	18
2.2 Komplexität und Komplexitätsmanagement	21
2.2.1 Begriffserklärung von Komplexität	21
2.2.2 Grade und Treiber der Komplexität	24
2.2.3 Strategien des Komplexitätsmanagements	29
2.3 Modellverständnis und Modellierung	31
2.3.1 Modellbegriff und Modellarten	32
2.3.2 Modellraum und Navigationsmodell der Entwicklung	34
2.3.3 Modellierungsmethoden und -sprachen	37
3 Stand der Forschung und Technik	41
3.1 Grundlagen domänenspezifischer Modelle	41
3.1.1 Produktorientierte Modellierungsansätze	43
3.1.2 Prozessorientierte Modellierungsansätze	44
3.2 Grundlagen domänenübergreifender Modelle	45
3.2.1 Modellbasiertes Systems Engineering	46
3.2.2 Ontologiebasierte Modelle	51
3.2.3 Matrixbasierte Modelle	55
3.3 Ansätze für das matrixbasierte Komplexitätsmanagement in der Produktentwicklung	61
3.3.1 Matrixbasierte Modellierungsansätze	62
3.3.2 Graphbasierte Visualisierungsansätze	71
3.3.3 Mathematische Analyseansätze	79
3.3.4 Ansätze zur Softwareunterstützung	86

4	Handlungsbedarfe und Ziele.....	93
4.1	Diskussion des Stands der Forschung und Technik.....	93
4.1.1	Forschungsbedarf aus Sicht der Wissenschaft	96
4.1.2	Handlungsbedarf aus Sicht der Wirtschaft.....	101
4.2	Ziele und Anforderungen	104
4.2.1	Forschungsfragen und Ziele	105
4.2.2	Anforderungen an das zu entwickelnde Konzept	106
5	Konzept für ein Assistenzsystem zum Komplexitätsmanagement in der PE.....	111
5.1	Gesamtkonzept des Assistenzsystems	112
5.1.1	Vorgehen beim Management komplexer Systeme.....	112
5.1.2	Prinzipieller Ablauf der Modellierung und Analyse	115
5.1.3	IT-Architektur und Module des Assistenzsystems	118
5.2	Automatisierte Modellierung von DSMs.....	122
5.2.1	Produktmodellierung	123
5.2.2	Prozessmodellierung.....	132
5.3	Computerunterstützte Modellierung von DMMs	137
5.3.1	Grafische Modellierung.....	138
5.3.2	Domain Merger	142
5.4	Graphbasierte Visualisierung und Kommunikation	145
5.4.1	Visualisierungsmodul	146
5.4.2	Visualisierungsprogramme	151
5.5	Mathematische Analyse und Bewertung.....	153
5.5.1	Analysemodul	153
5.5.2	Requirements Analysis Module.....	156
5.5.3	Cost Analysis Module	160
5.6	Holistische Manipulation und Modifikation	165
5.6.1	Modifying Module	166
5.6.2	Functional Analysis Module	169
6	Praktische Anwendungsbeispiele	173
6.1	Matrixbasierte Produktmodellierung	174
6.1.1	Modellierung einer DSM für ein einfaches Einzelteil	175
6.1.2	Modellierung einer DSM für eine komplexe Baugruppe	177
6.2	Matrixbasierte Prozessmodellierung	179
6.2.1	Modellierung einer DSM für einen einfachen Prozess	179
6.2.2	Modellierung einer DSM für einen komplexen Prozess	180

6.3	Modellierung von DMMs	183
6.3.1	Grafische Modellierung einer DMM	183
6.3.2	Modellierung mit dem Domain Merger	185
6.4	Visualisierung von matrixbasierten Modellen	186
6.4.1	Graphbasiertes Visualisierungsmodul	186
6.4.2	Externes Visualisierungsprogramm Tulip	188
6.5	Analyse von matrixbasierten Modellen	190
6.5.1	Mathematisches Analysemodul	190
6.5.2	Requirements Analysis Module	192
6.5.3	Cost Analysis Module	194
7	Kritische Diskussion und Reflexion.....	199
7.1	Diskussion aus Sicht der Wissenschaft	199
7.2	Diskussion aus Sicht der Wirtschaft	202
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	205
8.1	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	205
8.2	Ausblick und weiterführende Forschungsfragen	207
9	Summary and outlook.....	211
9.1	Summary and conclusions	211
9.2	Outlook and further research questions.....	213
	Anhang.....	217
A.1	Definition und Bestimmung von Begriffen	217
A.2	Grundlagen und Erläuterungen zu VUCA.....	218
A.3	Kompetenzen des Komplexitätsingenieurs	230
A.4	Rechenbeispiel zum Anwendungsszenario Rohr	233
A.5	Begriffe, Prinzipien der Systemtheorie und eine Klassifikationssystematik von Systemen	240
A.6	Bedeutung, Bestandteile und Klassifikation technischer Systeme	254
A.7	Grundlagen zum Komplexitätsverständnis	266
A.8	Arten, Treiber und Grade von Komplexität	275
A.9	Auswirkungen von Komplexität auf Kosten	297
A.10	Strategien und Ziele des Komplexitätsmanagements	304
A.11	Klassifikationen und Arten von Modellen	314
A.12	Grundlagen zum Modellverständnis und zur Modellierung.....	323
A.13	Modellierung und Modellierungsansätze.....	335
A.14	Modellierungsmethoden und -sprachen	342

A.15 Referenzmodelle und Metamodelle.....	346
A.16 Überblick über domänenspezifische Modelle	353
A.17 Grundlagen zu ontologiebasierten Modellen	371
A.18 Grundlagen zu matrixbasierten Modellen	382
A.19 Grundlagen zur graphbasierten Visualisierung	389
A.20 Grundlagen zur mathematischen Analyse	391
A.21 Vorgehensweise zur Erstellung, Visualisierung und Analyse von matrixbasierten Modellen	397
A.22 Ergänzungen zur Produktmodellierung	401
A.23 Ergänzungen zur Prozessmodellierung	406
A.24 Ergänzungen zur Visualisierung	415
A.25 Ergänzungen zur Analyse.....	419
A.26 Ergänzungen zum Assistenzsystem	429
Literaturverzeichnis	435
Verzeichnis promotionsbezogener, eigener Publikationen	498
Verzeichnis promotionsbezogener, studentischer Arbeiten	503