

Inhaltsübersicht

Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XVII
Abkürzungsverzeichnis	XXI
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation des Forschungsvorhabens.....	1
1.2 Problemstellung	1
1.3 Zielsetzung und Abgrenzung.....	2
1.4 Forschungsmethodik.....	4
1.5 Aufbau der Arbeit	7
2 Begriffliche Grundlagen.....	11
2.1 Grundlagen der Logistik	11
2.2 Grundlagen der Organisationsgestaltung	16
2.3 Grundlagen des Change Managements.....	26
2.4 Grundlagen des Methoden-Engineerings	30
3 Konzeptionelle Grundlagen	33
3.1 Charakterisierung von Reifegradmodellen	33
3.2 Merkmale von Reifegradmodellen.....	34
3.3 Vorstellung und Diskussion ausgewählter rasterbasierter Reifegradmodelle.....	37
3.4 Vorstellung und Diskussion eines ausgewählten hybriden Reifegradmodells	54
3.5 Vorstellung und Diskussion ausgewählter formal-strukturierter Reifegradmodelle.....	58
3.6 Allgemeine Vorgehensweisen zur Entwicklung von Reifegradmodellen	63
4 Stand der Technik	71
4.1 Industrie 4.0 – die vierte industrielle Revolution	71
4.2 Treiber für ein neues Produktionsparadigma.....	76
4.3 Industrie-4.0-Komponenten.....	78
4.4 Industrie 4.0 als soziotechnisches System	81
5 Modellkonzipierung.....	83
5.1 Vorgehenssystematik.....	83
5.2 Aufbau des Reifegradmodells	86

5.3	Problemdefinition	87
5.4	Formale Anforderungsdefinition	97
5.5	Inhaltliche Anforderungsdefinition	99
5.6	Bewertung der Eignung bestehender Reifegradmodelle	141
5.7	Festlegung der Entwicklungsstrategie	143
6	Modellentwicklung	145
6.1	Definition von Reifegradstufen	145
6.2	Entwicklung von Gestaltungsdimensionen	149
6.3	Entwicklung von Gestaltungselementen.....	159
6.4	Wechselwirkungen zwischen den Industrie-4.0-Potenzialen	189
6.5	Beitrag der Gestaltungselemente zu den Zielen der Logistik.....	192
6.6	Ausprägung der Gestaltungselemente hinsichtlich der Reifegradstufen ...	194
7	Methodenentwicklung zur Anwendung des Modells	197
7.1	Aufbau der Methode	197
7.2	Entwicklung von Methodenfragmenten	199
8	Modellevaluation	217
8.1	Grundlagen der Evaluierung	217
8.2	Evaluation der ökonomischen Perspektive.....	219
8.3	Evaluation der Nutzerperspektive.....	222
8.4	Evaluation der Ingenieursperspektive	224
8.5	Evaluation der epistemologischen Perspektive	229
9	Zusammenfassung, kritische Reflexion und Ausblick	231
9.1	Zusammenfassung und Reflexion der Ergebnisse	231
9.2	Weiterer Forschungsbedarf.....	233
10	Literatur.....	237
11	Anhang.....	259
	Anhang A: Reifegradstufen des Industrie-4.0-Reifegradmodells	259
	Anhang B: Fragebogen zur Erhebung des Industrie-4.0-Reifegrads	270
	Anhang C: Fragebogen zur Evaluierung des Industrie-4.0-Reifegradmodells	277

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XVII
Abkürzungsverzeichnis	XXI
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation des Forschungsvorhabens.....	1
1.2 Problemstellung	1
1.3 Zielsetzung und Abgrenzung.....	2
1.4 Forschungsmethodik.....	4
1.5 Aufbau der Arbeit	7
2 Begriffliche Grundlagen.....	11
2.1 Grundlagen der Logistik	11
2.1.1 Prozesse der Logistik	12
2.1.1.1 Transportieren.....	12
2.1.1.2 Umschlagen	13
2.1.1.3 Lagern.....	13
2.1.1.4 Kommissionieren	14
2.1.2 Ziele der Logistik	14
2.1.2.1 Leistungsziele	15
2.1.2.2 Qualitätsziele	15
2.1.2.3 Kostenziele	16
2.2 Grundlagen der Organisationsgestaltung.....	16
2.2.1 Organisationsbegriffe und -arten	16
2.2.2 Prozessorganisation und -modellierung	18
2.2.3 Ziele der Organisationsgestaltung.....	20
2.2.4 Organisationen als soziotechnische Systeme	21
2.2.5 Mensch-Technologie-Organisation-Konzept (MTO-Konzept)	23
2.2.6 Organisationsprinzipien.....	25
2.3 Grundlagen des Change Managements.....	26
2.4 Grundlagen des Methoden-Engineerings.....	30
3 Konzeptionelle Grundlagen.....	33

3.1	Charakterisierung von Reifegradmodellen	33
3.2	Merkmale von Reifegradmodellen.....	34
3.2.1	Konzeptionelle Merkmale von Reifegradmodellen.....	34
3.2.2	Anwendungsspezifische Merkmale von Reifegradmodellen	36
3.3	Vorstellung und Diskussion ausgewählter rasterbasierter Reifegradmodelle.....	37
3.3.1	Quality Management Maturity Grid (QMMG)	38
3.3.2	Reifegradmodell nach ISO 9004:2009.....	39
3.3.3	Technologischer Reifegrad nach ISO 16290:2016	41
3.3.4	Industrie-4.0-Readiness	42
3.3.5	Industrie-4.0-Reifegradmodell	45
3.3.6	Industry 4.0 Self Assessment.....	47
3.3.7	acatech Industrie 4.0 Maturity Index.....	49
3.4	Vorstellung und Diskussion eines ausgewählten hybriden Reifegradmodells	54
3.4.1	EFQM Excellence Model.....	54
3.5	Vorstellung und Diskussion ausgewählter formal-strukturierter Reifegradmodelle.....	58
3.5.1	Capability Maturity Model Integration (CMMI).....	59
3.5.2	Software Process Improvement and Capability Determination (SPICE) .	62
3.6	Allgemeine Vorgehensweisen zur Entwicklung von Reifegradmodellen	63
3.6.1	Vorgehen nach de Bruin et al.	63
3.6.2	Vorgehen nach Becker et al.	65
3.6.3	Vorgehen nach Maier et al.	69
4	Stand der Technik	71
4.1	Industrie 4.0 – die vierte industrielle Revolution	71
4.1.1	Die erste industrielle Revolution	71
4.1.2	Die zweite industrielle Revolution.....	72
4.1.3	Die dritte industrielle Revolution	73
4.1.4	Die vierte industrielle Revolution	73
4.2	Treiber für ein neues Produktionsparadigma.....	76
4.3	Industrie-4.0-Komponenten.....	78
4.3.1	Cyber-physische Systeme (CPS)	78
4.3.2	Internet der Dinge	79
4.3.3	Internet der Dienste.....	79
4.3.4	Smart Factory	80
4.4	Industrie 4.0 als soziotechnisches System	81

5	Modellkonzipierung	83
5.1	Vorgehenssystematik.....	83
5.2	Aufbau des Reifegradmodells	86
5.3	Problemdefinition	87
5.3.1	Fokusgruppenbefragung zur Problem- und Anforderungsdefinition	87
5.3.1.1	Fokusgruppenbefragung 1: Automobilindustrie	89
5.3.1.2	Fokusgruppenbefragung 2: Chemieindustrie.....	92
5.3.1.3	Ergebnisse der Fokusgruppenbefragung	92
5.3.2	Experteninterviews zur Problem- und Anforderungvalidierung.....	95
5.3.2.1	Durchführung der Experteninterviews	95
5.3.2.2	Ergebnisse der Experteninterviews	96
5.4	Formale Anforderungsdefinition	97
5.4.1	Konzeptionsspezifische Anforderungen an das Reifegradmodell	98
5.4.2	Anwendungsspezifische Anforderungen an das Reifegradmodell	99
5.5	Inhaltliche Anforderungsdefinition	99
5.5.1	Fallstudienauswahl.....	102
5.5.2	Fallstudie A: Werksinterner Materialtransport.....	103
5.5.2.1	Lösungskonzept.....	104
5.5.2.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	107
5.5.3	Fallstudie B: Internationale Logistik von Produktionsmaterialien	108
5.5.3.1	Lösungskonzept.....	108
5.5.3.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	113
5.5.4	Fallstudie C: Werksinterner Transport von Fertigfahrzeugen.....	114
5.5.4.1	Lösungskonzept.....	114
5.5.4.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	117
5.5.5	Fallstudie D: Montagelinienversorgung mit Produktionsmaterialien	117
5.5.5.1	Lösungskonzept.....	117
5.5.5.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	119
5.5.6	Fallstudie E: Intralogistik	120
5.5.6.1	Lösungskonzept.....	120
5.5.6.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	121
5.5.7	Fallstudie F: Behältermanagement.....	121
5.5.7.1	Lösungskonzept.....	122

5.5.7.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	125
5.5.8	Fallstudie G: Fahrzeugverfolgung im Distributionsnetzwerk	125
5.5.8.1	Lösungskonzept.....	125
5.5.8.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	126
5.5.9	Fallstudie H: Frachtenprüfung	128
5.5.9.1	Lösungskonzept.....	128
5.5.9.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	129
5.5.10	Fallstudie I: Werklogistik.....	132
5.5.10.1	Lösungskonzept.....	132
5.5.10.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	134
5.5.11	Fallstudie J: Fahrzeugversand von verschiedenen Automobilherstellern...	135
5.5.11.1	Lösungskonzept.....	135
5.5.11.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	137
5.5.12	Ergebnisse der Fallstudien.....	139
5.6	Bewertung der Eignung bestehender Reifegradmodelle	141
5.7	Festlegung der Entwicklungsstrategie.....	143
6	Modellentwicklung	145
6.1	Definition von Reifegradstufen	145
6.2	Entwicklung von Gestaltungsdimensionen	149
6.2.1	Identifikation relevanter Literatur	150
6.2.2	Quantitative Textanalyse.....	151
6.2.3	Qualitative Literaturanalyse.....	153
6.2.4	Nominaler Gruppenworkshop.....	155
6.2.5	Beschreibung der Gestaltungsdimensionen	156
6.2.5.1	Vernetzung	156
6.2.5.2	Informationstransparenz	157
6.2.5.3	Technische Assistenz	158
6.2.5.4	Subsidiarität	158
6.3	Entwicklung von Gestaltungselementen.....	159
6.3.1	Industrie-4.0-Fähigkeiten des Menschen.....	163
6.3.1.1	Systemkompetenz.....	165
6.3.1.2	Wissensaneignung.....	165
6.3.1.3	Technologieadaption.....	166

6.3.1.4	Systemverantwortung	167
6.3.2	Industrie-4.0-Potenziale der Mensch-Technologie-Schnittstelle	167
6.3.2.1	Mensch-System-Interaktion.....	169
6.3.2.2	Informationsgenerierung	170
6.3.2.3	Physische Assistenz	170
6.3.2.4	Prozessdurchführung	171
6.3.3	Industrie-4.0-Fähigkeiten der Technologie	172
6.3.3.1	Datenbereitstellung	174
6.3.3.2	Informationsaufbereitung.....	174
6.3.3.3	Prozessanalyse.....	175
6.3.3.4	Entscheidungsfindung.....	176
6.3.4	Industrie-4.0-Potenziale der Technologie-Organisation-Schnittstelle....	177
6.3.4.1	Datenerhebung	178
6.3.4.2	Virtuelles Abbild	179
6.3.4.3	Prozessadaption	179
6.3.4.4	Prozessorganisation.....	180
6.3.5	Industrie-4.0-Fähigkeiten der Organisation	181
6.3.5.1	Wertschöpfungsnetzwerk	182
6.3.5.2	Organisationale Wissensbasis	183
6.3.5.3	Innovationsorganisation	184
6.3.5.4	Organisationsstruktur	184
6.3.6	Industrie-4.0-Potenziale der Organisation-Mensch-Schnittstelle.....	185
6.3.6.1	Informationsmanagement.....	186
6.3.6.2	Wissensmanagement.....	187
6.3.6.3	Innovationsmanagement.....	188
6.3.6.4	Organisationsmanagement	189
6.4	Wechselwirkungen zwischen den Industrie-4.0-Potenzialen	189
6.4.1	Wechselwirkungen innerhalb der Mensch-Technologie-Schnittstelle....	190
6.4.2	Wechselwirkungen innerhalb der Technologie-Organisation-Schnittstelle.	191
6.4.3	Wechselwirkungen innerhalb der Organisation-Mensch-Schnittstelle...	191
6.5	Beitrag der Gestaltungselemente zu den Zielen der Logistik.....	192
6.6	Ausprägung der Gestaltungselemente hinsichtlich der Reifegradstufen...	194

7	Methodenentwicklung zur Anwendung des Modells	197
7.1	Aufbau der Methode	197
7.2	Entwicklung von Methodenfragmenten	199
7.2.1	Betrachtung des Ist-Prozesses.....	201
7.2.1.1	Workshop-Vorgehen	201
7.2.1.2	Prozess-Mapping	202
7.2.2	Entwurf des Industrie-4.0-Zielprozesses	203
7.2.2.1	Workshop-Vorgehen	204
7.2.2.2	Industrie-4.0-Reifegrad	206
7.2.3	Entwicklung eines strategischen Vorgehensplans	208
7.2.3.1	Industrie-4.0-Reifegrad	209
7.2.4	Implementierung	214
7.2.4.1	Industrie-4.0-Reifegrad	214
7.2.4.2	Industrie-4.0-Technologiekatalog	214
8	Modellevaluation	217
8.1	Grundlagen der Evaluierung	217
8.2	Evaluation der ökonomischen Perspektive	219
8.3	Evaluation der Nutzerperspektive.....	222
8.4	Evaluation der Ingenieursperspektive	224
8.4.1	Evaluation der Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung (GoM)	224
8.4.2	Evaluation der Anforderungen an die Reifegradmodellierung.....	227
8.4.3	Evaluation der praktischen Anforderungen an das Reifegradmodell	228
8.5	Evaluation der epistemologischen Perspektive	229
9	Zusammenfassung, kritische Reflexion und Ausblick	231
9.1	Zusammenfassung und Reflexion der Ergebnisse	231
9.2	Weiterer Forschungsbedarf.....	233
10	Literatur.....	237
11	Anhang.....	259
	Anhang A: Reifegradstufen des Industrie-4.0-Reifegradmodells	259
	Anhang B: Fragebogen zur Erhebung des Industrie-4.0-Reifegrads	270
	Anhang C: Fragebogen zur Evaluierung des Industrie-4.0-Reifegradmodells	277