

Inhaltsübersicht

Vorwort	III
Inhaltsübersicht	IV
Inhaltsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XX
Abkürzungsverzeichnis	XXIII
I. Einleitung	1
II. Fabrikgebäude im Anpassungsprozess	14
III. Digitalisierung im verarbeitenden Gewerbe und der Bauwirtschaft	50
IV. Building Information Modeling	93
V. Entwicklung eines Bewertungssystems zur Beurteilung baulicher Auswirkungen aus Fabrikanpassungen	117
VI. Anwendung des entwickelten Bewertungssystems	256
VII. Validierung des entwickelten Bewertungssystems	329
VIII. Schlussbetrachtung	356
Literaturverzeichnis	367
Anhang	A 1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XX
Abkürzungsverzeichnis	XXIII
I. Einleitung	1
1 Forschungskolleg GRK 2193.....	1
1.1 Grundlagen.....	1
1.2 Forschungsbereiche.....	2
1.3 Interaktionsthema Virtualisierung	4
1.4 Forschungsschwerpunkt Baubetrieb- und Bauprozessmanagement.....	4
2 Motivation und Zielsetzung.....	5
3 Forschungsmethodik und wissenschaftliche Einordnung.....	9
4 Aufbau der Arbeit.....	11
II. Fabrikgebäude im Anpassungsprozess	14
1 Fabrikstrukturen und Umfeldbedingungen	14
1.1 Evolution und Erscheinungsformen.....	14
1.2 Dynamische und komplexe Umfeldbedingungen	16
1.3 Produktionsstandort und Fabrik	20
2 Fabrikplanung.....	21
2.1 Fabrikkonzept.....	21
2.2 Fabrikanpassungsplanung und Gebäudeplanung.....	23
2.3 Projektbeteiligte	27
3 Fabrik als soziotechnisches System.....	29

4	Anforderungen an Fabriken.....	31
4.1	Grundlagen.....	31
4.2	Flexibilität	33
4.3	Wandlungsfähigkeit	34
4.3.1	Definitionen	34
4.3.2	Wandlungsbefähiger	36
4.3.3	Arten der Wandlungsfähigkeit	37
4.3.4	Wandlungsfähigkeit eines Fabrikgebäudes	39
4.3.5	Analyse von Wandlungsobjekten und Einordnung in den For- schungsschwerpunkt.....	41
4.4	Anpassungsintelligenz.....	44
5	Ergebniszusammenstellung und Ansatz für die weitere Betrachtung	46
III.	Digitalisierung im verarbeitenden Gewerbe und der Bauwirtschaft	50
1	Allgemeines	50
2	Daten.....	53
2.1	Definition	53
2.2	Datenerhebung.....	54
2.2.1	Datenqualität.....	54
2.2.2	Datenerzeugung.....	57
2.3	Datenverarbeitung	58
2.3.1	Datenmanagement.....	59
2.3.2	Datenanalyseverfahren	61
2.3.3	Visual Analytics Loop	62
3	Digitalisierung im verarbeitenden Gewerbe	63
3.1	Entwicklungen	63
3.2	Status Quo	65
3.3	Kernbereiche	66
3.4	Anwendungsfelder.....	67
3.4.1	Cyber-physische Systeme	69
3.4.2	IoT-Plattformen.....	72

4	Digitalisierung in der Bauwirtschaft	73
4.1	Entwicklungen	73
4.2	Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe	74
4.3	Status Quo	75
4.4	Kernbereiche	77
4.5	Anwendungsfelder.....	79
4.5.1	Zwölf Kernthemen der digitalen Revolution	79
4.5.2	Cyberphysische-Systeme und IoT-Plattformen in der Bauwirtschaft ...	81
4.6	Daten innerhalb der Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben	81
4.6.1	Daten und Teilnehmer am Bauprozess	82
4.6.2	Grundlagen für die Entwicklung einer Datenbasis	83
5	Zwischenfazit und Relevanz für die weitere Betrachtung.....	85
IV.	Building Information Modeling	93
1	Definition.....	93
2	Bauwerksinformationsmodelle.....	94
2.1	Entwicklungen	94
2.2	Geometrische Informationen	95
2.3	Nicht-geometrische Informationen	96
2.4	Fertigstellungsgrad.....	98
2.5	Datenaustausch	100
2.6	Symbiose Bauwerksinformationsmodell.....	100
3	Veränderungen in Managementprozessen	104
3.1	Grundlagen.....	104
3.2	Intern - Unternehmensebene	106
3.3	Extern - Projektebene.....	108
3.4	Anpassungsteam.....	109
4	Zwischenfazit und Relevanz für die weitere Betrachtung.....	111

V.	Entwicklung eines Bewertungssystems zur Beurteilung baulicher Auswirkungen aus Fabrikanpassungen.....	117
1	Vorgehensweise und Methodik zur Entwicklung eines Bewertungssystems	117
2	Entwicklung eines Bewertungssystems.....	119
2.1	Phase I: Symbiose interdisziplinärer Systemdatenstrukturen	119
2.2	Phase II: Analyse Raumbedarf.....	123
2.3	Phase III: Analyse technische Machbarkeit.....	129
2.3.1	Analyse rechtlicher Bewertungskriterien	129
2.3.1.1	Öffentliches und privates Baurecht	129
2.3.1.2	Architekten- und Ingenieurverträge	133
2.3.1.3	Landesbauordnungen und Musterbauordnung	133
2.3.1.4	Muster-Industriebau-Richtlinie.....	138
2.3.1.5	Arbeitsstättenverordnung und Arbeitsstättenrichtlinie	140
2.3.1.6	Zusammenfassung der rechtlichen Bewertungskriterien	143
2.3.2	Ergebniszusammenstellung Phase III.....	147
2.4	Phase IV: Evaluation	149
2.4.1	Analyse bauwirtschaftlicher Bewertungskriterien.....	149
2.4.1.1	Baukosten	151
2.4.1.2	Planungskosten.....	162
2.4.1.3	Kosten für Sicherheits- und Gesundheitsschutz	174
2.4.1.4	Sonstige Baunebenkosten	177
2.4.1.5	Betriebskosten.....	180
2.4.1.6	Ablaufplanung	184
2.4.1.7	Zusammenfassung der bauwirtschaftlichen Bewertungskriterien	189
2.4.2	Ergebniszusammenstellung Phase IV	191
2.5	Komposition 4-Phasen-Bewertungssystem.....	196
2.6	Auswahl und Interoperabilität von Softwaresystemen.....	198
2.6.1	Software-Landschaft	198
2.6.2	Datenaustauschformate	201
3	Entwicklung einer Datenbasis für ein BIM-Modell für Fabrikanpassungsprozesse	202
3.1	Datenqualitätskriterien für ein BIM-Modell	202
3.1.1	Grundlagen	203
3.1.2	Intrinsisch.....	204

3.1.2.1	Exaktheit.....	204
3.1.2.2	Objektivität.....	205
3.1.2.3	Glaubwürdigkeit.....	205
3.1.2.4	Reputation.....	206
3.1.3	Kontextbezug.....	206
3.1.3.1	Vollständigkeit.....	206
3.1.3.2	Zeitgerechtigkeit.....	207
3.1.3.3	Wert steigernd.....	207
3.1.3.4	Relevanz.....	207
3.1.3.5	Informationsmenge.....	208
3.1.4	Repräsentation.....	208
3.1.4.1	Interpretierbarkeit.....	208
3.1.4.2	Konsistenz.....	209
3.1.4.3	Durchgängigkeit.....	209
3.1.4.4	Verständlichkeit.....	210
3.1.5	Verfügbarkeit.....	210
3.1.5.1	Bearbeitbarkeit.....	211
3.1.5.2	Zugang.....	211
3.1.6	Ergebnismatrix der Qualitätsanforderungen.....	211
3.2	Datenerzeugung.....	212
3.2.1	Datenerzeugung geometrischer Bauteilinformationen.....	215
3.2.2	Datenerzeugung nicht-geometrischer Bauteilinformationen.....	216
3.3	Datenmanagement.....	217
3.4	Datenbasis Forschungsmodell.....	218
4	Entwicklung einer Datenbasis für Fabrikanpassungsszenarien.....	221
4.1	Modellbewertungsmethoden.....	221
4.1.1	Modelltheorie.....	222
4.1.2	Systemtheorie.....	223
4.1.3	Szenario-Technik.....	224
4.1.4	Auswahl eines Bewertungsmodells.....	226
4.2	Entwicklung der Szenarien.....	227
4.2.1	Formen der Szenarientwicklung.....	228
4.2.2	Formulierung der Szenarien.....	229
4.2.3	Datenqualitätskriterien für die Szenarien.....	230
4.2.4	Szenario 1 – Fertigungsmaschine.....	231

4.2.4.1	Datenerzeugung.....	232
4.2.4.2	Datenmanagement.....	233
4.2.4.3	Datenbasis Szenario Fertigungsmaschine.....	234
4.2.5	Szenario 2 – Fertigungszelle.....	235
4.2.5.1	Datenerzeugung.....	237
4.2.5.2	Datenmanagement.....	239
4.2.5.3	Datenbasis Szenario Fertigungszelle.....	239
4.2.6	Szenario 3 – Fertigungsinseln.....	241
4.2.6.1	Datenerzeugung.....	243
4.2.6.2	Datenmanagement.....	245
4.2.6.3	Datenbasis Szenario Fertigungsinseln.....	246
4.2.7	Szenario 4 – Forschung Innovationslabor.....	247
4.2.7.1	Datenerzeugung.....	249
4.2.7.2	Datenmanagement.....	251
4.2.7.3	Datenbasis Szenario Innovationslabor.....	252
4.3	Synopse der Szenarien.....	253
VI.	Anwendung des entwickelten Bewertungssystems.....	256
1	Vorgehensweise.....	256
1.1	Bewertungssystem Phase I: Symbiose interdisziplinärer Systemdatenstrukturen.....	256
1.2	Bewertungssystem Phase II: Analyse Raumbedarf.....	258
1.3	Bewertungssystem Phase III: Analyse technische Machbarkeit.....	258
1.4	Bewertungssystem Phase IV: Evaluation.....	258
2	Anwendungsfall Szenario 1 Fertigungsmaschine.....	266
2.1	Phase I: Symbiose Datenbasis Forschungsmodell und Szenario 1.....	267
2.2	Phase II: Analyse Raumbedarf.....	267
2.3	Phase III: Analyse technische Machbarkeit.....	271
2.4	Phase IV: Evaluation.....	285
3	Anwendungsfall Szenario 2 Fertigungszelle.....	291
3.1	Phase I: Symbiose Datenbasis Forschungsmodell und Szenario 2.....	292
3.2	Phase II: Analyse Raumbedarf.....	292
3.3	Phase III: Analyse technische Machbarkeit.....	295
3.4	Phase IV: Evaluation.....	297

4	Anwendungsfall Szenario 3 Fertigungsinseln	301
4.1	Phase I: Symbiose Datenbasis Forschungsmodell und Szenario 3	302
4.2	Phase II: Analyse Raumbedarf	302
4.3	Phase III: Analyse technische Machbarkeit	305
4.4	Phase IV: Evaluation	307
5	Anwendungsfall Szenario 4 Innovationslabor	312
5.1	Phase I: Symbiose Datenbasis Forschungsmodell und Szenario 4	313
5.2	Phase II: Analyse Raumbedarf	313
5.3	Phase III: Analyse technische Machbarkeit	316
5.4	Phase IV: Evaluation	317
6	Ergebniszusammenstellung und Diskussion	322
VII.	Validierung des entwickelten Bewertungssystems	329
1	Vorgehensweise	329
2	Systemanwendung mit Realdaten	330
2.1	Validierungsfall A	330
2.1.1	Beschreibung Validierungsmodell	330
2.1.2	Phase I: Datensymbiose	331
2.1.3	Phase II: Analyse Raumbedarf	331
2.1.4	Phase III: Analyse technische Machbarkeit	333
2.1.5	Phase IV: Evaluation	334
2.2	Validierungsfall B	336
2.2.1	Beschreibung Validierungsmodell	336
2.2.2	Phase I: Datensymbiose	336
2.2.3	Phase II: Analyse Raumbedarf	337
2.2.4	Phase III: Analyse technischer Machbarkeit	338
2.2.5	Phase IV: Evaluation	339
2.3	Validierungsfall C	341
2.3.1	Beschreibung Validierungsmodell	341
2.3.2	Phase I: Datensymbiose	342
2.3.3	Phase II: Analyse Raumbedarf	342
2.3.4	Phase III: Analyse technische Machbarkeit	343
2.3.5	Phase IV: Evaluation	344
3	Ergebniszusammenstellung	346
		XI

VIII. Schlussbetrachtung	356
1 Nutzen der Arbeit	356
2 Rechtliche Rahmenbedingungen	358
2.1 Haftungsfragen	359
2.2 Datensicherheit	360
2.3 Urheberrecht	360
2.4 Rechtssicherheit der Entscheidungsausgabe-Parameter	361
2.5 Nutzerprofil BIM-Anpassungsmanager	361
3 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Bauprojektarten	362
4 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	363
Literaturverzeichnis	367
Anhang	A 1