

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation	2
1.2	Problemstellung	6
1.3	Ziel und Einordnung	9
1.3.1	Forschungsfragen	11
1.3.2	Wissenschaftlicher Beitrag	13
1.4	Forschungsdesign und Aufbau der Arbeit	16
2	Grundlegende Betrachtung des Diskursbereichs	19
2.1	Unternehmen und Produktionssystem	19
2.1.1	Produktionssysteme	20
2.1.2	Produktionssystem als Subsystem des Unternehmens	23
2.1.3	Produktionsnetze und Wertschöpfungsketten	27
2.1.4	Leistungsbewertung von Produktionssystemen	30
2.2	Informationssysteme in der Fabrik	33
2.2.1	Automatisierungspyramide	34
2.2.2	Besonderheiten des Automatisierungsbereichs	38
2.2.3	Dezentralität und Autonomie	43
2.2.4	Industrie 4.0 als Anwendungsdomäne von CPS	49
2.3	CPS und CPPS	53
2.3.1	Begriffsbestimmung	53
2.3.2	Potenziale im Fabrikkontext	56
2.3.3	Anwendungsbeispiel Smarte Sensoren	58
2.4	Fabriksimulation	63
2.4.1	System und Modell	65
2.4.2	Simulation	68

2.4.3	Grundlegende Ansätze der Fabriksimulation	72
2.5	Zusammenfassung	77
3	Anforderungen	83
3.1	Grundlegende Anforderungsanalyse	83
3.1.1	Charakteristika des Anwendungskontextes	84
3.1.2	Basisanforderungen	86
3.1.3	Auswahl des Simulationsansatzes	88
3.2	Analyse bestehender Ausprägungen	92
3.2.1	Informationserhebung	92
3.2.2	Kriterienset	93
3.2.3	Auswahl existierender Ansätze	97
3.3	Schlußfolgerungen	107
3.4	Anforderungskatalog	110
3.4.1	Validierbarkeit des Einsatzes von CPS	110
3.4.2	Breites Anwendungsspektrum	111
3.4.3	Aufwandsarme Modellierung	113
3.4.4	Einbeziehung aller relevanten Stakeholder	114
3.4.5	Technische Anforderungen	116
3.5	Zusammenfassung	118
4	Konzeption einer Forschungsplattform	121
4.1	Vorgehen der Konzepterstellung	121
4.1.1	Systemziel und Systemidee	122
4.1.2	Abstraktionsstufen und Modellierungshierarchie	123
4.1.3	Methodik des Entwicklungsprozesses	125
4.2	Anwendersicht	128
4.2.1	Anwendungspotenziale	128
4.2.2	Akteurs- und Rollenmodell	133
4.2.3	Nutzerperspektiven	135
4.3	Architektursicht und Systemdesign	139
4.3.1	Hybrides Simulationsprinzip	140
4.3.2	Fabrikbetriebssystem	143
4.3.3	Produktionsobjekte	148
4.3.4	Materialfluss und Logistik	150

4.3.5	Informationsfluss	151
4.3.6	CPS-Befähigung vorhandener Industrieobjekte	153
4.4	Systemelemente	154
4.4.1	Cubes	155
4.4.2	Transportsystem	156
4.4.3	Puffer und Läger	157
4.4.4	Betriebliche Anwendungssysteme	158
4.4.5	Weitere Elemente	162
4.5	Modellierung	163
4.5.1	Vorgehensmodell	164
4.5.2	Datenaufnahme	165
4.5.3	Wiederverwendung von Komponenten	168
4.6	Zusammenfassung	169
5	Prototypische Implementierung	173
5.1	Vorbetrachtung und Intention	174
5.2	Architektursicht	176
5.2.1	Grundlegende Auswahlentscheidungen	176
5.2.2	Systemarchitektur	179
5.2.3	Datenhaltung	180
5.2.4	Anbindung betrieblicher Anwendungssysteme	183
5.2.5	Anbindung von Industrieobjekten	186
5.3	Cubes	187
5.3.1	Hardwareentwurf	187
5.3.2	Softwareimplementierung	189
5.3.3	Komponententest	209
5.4	Transportsystem	213
5.4.1	Hardwarebereitstellung	213
5.4.2	Softwareimplementierung	216
5.4.3	Komponententest	220
5.5	Zusammenfassung	222
6	Validierung des Simulationskonzepts	225
6.1	Begriffsexplikation und Zieldiskussion	225
6.2	Anforderungen und resultierendes Vorgehen	227

6.3	Testfall Baustahl	230
6.3.1	Datenerhebung	232
6.3.2	Modellierung	239
6.3.3	Simulationsdurchführung	243
6.4	Abschließende Diskussion der Validierungsergebnisse	251
7	Ergebnisse und Schlussbetrachtung	255
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	255
7.1.1	Forschungslücke	257
7.1.2	Simulationskonzept	258
7.1.3	Simulationsumgebung	260
7.1.4	Beitrag zur Forschung	260
7.2	Kritische Würdigung	263
7.3	Ausblick	264
	Literaturverzeichnis	267
	Abbildungsverzeichnis	291
	Tabellenverzeichnis	295
	Abkürzungsverzeichnis	297
	Anhang	299