

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	xi
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	xiii
<b>Akronymverzeichnis</b> .....	xv
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Ausgangssituation .....	2
1.2 Problemstellung .....	6
1.3 Ziel der Arbeit .....	8
1.4 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit .....	9
<b>2 Begriffliche Grundlagen</b> .....	11
2.1 Grundbegriffe im Kontext der Arbeit .....	12
2.2 Einführung Cyberphysisches Produktionssystem .....	14
2.2.1 Cyberphysische Systeme .....	16
2.2.2 Cyberphysisches Produktionssystem .....	18
2.2.3 Einordnung in den Kontext der Forschungsarbeit .....	20
2.3 Einführung Produktionsversorgung .....	20
2.3.1 Definition der Produktionsversorgung .....	20
2.3.2 Aufgaben der Produktionsversorgung .....	21
2.3.3 Einordnung in den Kontext der Forschungsarbeit .....	28
2.4 Herleitung von Zielgrößen der Produktionsversorgung .....	30
2.5 Definition von Zielgrößen im Kontext der Forschungsarbeit ..	37
<b>3 Konzepte der Produktionsversorgung</b> .....	45
3.1 Klassische Konzepte .....	46
3.1.1 Bedarfsorientierte Produktionsversorgungskonzepte ..	46
3.1.2 Verbrauchsorientierte Produktionsversorgungskonzepte	51
3.2 Neuartige Konzepte .....	54

3.3	Anforderungen an die Produktionsversorgungskonzepte . . . .	59
3.4	Qualitative Analyse und Bewertung . . . . .	67
3.5	Zusammenfassende Darlegung der Forschungslücke . . . . .	79
<b>4</b>	<b>Modellierung des Produktionsversorgungskonzeptes . . . . .</b>	<b>81</b>
4.1	Auswahl einer Modellierungsmethode . . . . .	82
4.1.1	Sichtenkonzept . . . . .	83
4.1.2	Gewähltes Modell im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit . . . . .	86
4.2	Konzeptstruktur und -aufbau von RealProS . . . . .	89
4.2.1	Aufbaustruktur des Cyberphysischen Systems . . . . .	95
4.2.2	Fähigkeiten der Systemkomponenten . . . . .	98
4.3	Beschreibung des Konzeptverhaltens von RealProS . . . . .	103
4.3.1	Prozessabläufe/Lebenszyklen der Systemkomponenten	104
4.3.2	Entscheidungssituationen der Systemkomponenten . . .	142
4.3.3	Wissen der Systemkomponenten . . . . .	145
4.3.4	Kommunikation zwischen den Systemkomponenten . .	147
<b>5</b>	<b>Empirische Untersuchung von RealProS . . . . .</b>	<b>151</b>
5.1	Grundlagen der empirischen Untersuchung . . . . .	152
5.2	Einordnung in den Kontext der Forschungsarbeit . . . . .	154
5.3	Qualitative Zwischenbewertung von RealProS . . . . .	156
5.4	Experimentelle Durchführung . . . . .	159
5.4.1	Versuchsplanung . . . . .	159
5.4.2	Design des Experiments . . . . .	172
5.4.3	Durchführung und Evaluation der Versuche . . . . .	178
5.4.4	Analyse und Interpretation der Ergebnisse . . . . .	179
<b>6</b>	<b>Fazit . . . . .</b>	<b>187</b>
6.1	Zusammenfassung der Forschungsergebnisse . . . . .	188
6.2	Reflexion und Ausblick . . . . .	193
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>195</b>
	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>215</b>
A.1	Zusätzliche Tabellen . . . . .	216
A.2	Variablen und Notationen . . . . .	220
A.3	Veröffentlichungen des Autors . . . . .	226
A.4	Studentische Arbeiten . . . . .	229
A.5	An dem Forschungsprojekt beteiligte Personen . . . . .	230

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Schaubild einer Argumentationskette zur Einführung von CPPS bzw. Darlegung der Forschungslücke .....	5
1.2	Struktur der Forschungsarbeit .....	10
2.1	Struktur cyberphysischer Systeme .....	17
2.2	Einordnung und Aufgaben der Produktionsversorgung .....	30
2.3	Kennzahlensystem des VDI .....	31
2.4	Ziele zur Bewertung der Produktionsversorgung .....	33
2.5	Charakteristika cyberphysischer Produktionssysteme .....	34
2.6	Hierarchie der Veränderungsfähigkeit .....	36
2.7	Zielgrößen der Produktionsversorgung .....	37
3.1	Prinzip der Kanban-Steuerung .....	52
3.2	Übersicht der Bewertungskriterien .....	67
3.3	Qualitative Eignungsbewertung bestehender Produktionsversorgungskonzepte .....	71
3.4	Schematisch illustrierter Prozess zur Aufweisung des konkreten Forschungsbedarfs .....	79
4.1	Sichtenkonzept der Modellierungsmethode .....	84
4.2	Schema zur Beschreibung des Vorgehensmodells der Konzeptmodellierung .....	89
4.3	Darstellung des verwendeten beispielhaften CPPS .....	92
4.4	Strukturmodell des cyberphysischen Produktionssystems .....	97
4.5	Fähigkeiten der Systemkomponenten .....	103
4.6	Beispielhafte Belegung von Arbeitsstationen .....	104
4.7	Beispiel einer Reservierung .....	105
4.8	Lebenszyklus eines Störungsmanagementssagenten .....	108
4.9	Lebenszyklus eines Arbeitsstationsagenten .....	112
4.10	Lebenszyklus eines Ladungsträgeragenten .....	116

4.11	Lebenszyklus eines Kommissionierstationsagenten .....	120
4.12	Vertikale Auftragsvergabe – Fall a .....	122
4.13	Vertikale Auftragsvergabe – Fall b .....	123
4.14	Vertikale Auftragsvergabe – Fall c .....	123
4.15	Ausrüstung des Roboters Fall 1 .....	124
4.16	Ausrüstung des Roboters Fall 2 .....	124
4.17	Ausrüstung des Roboters Fall 3a .....	125
4.18	Ausrüstung des Roboters Fall 3b .....	125
4.19	Lebenszyklus eines FTS-Agenten .....	127
4.20	Lebenszyklus eines Rüststationsagenten .....	131
4.21	Lebenszyklus einer Entscheidungsfindung – Arbeitsstation .....	140
4.22	Wissenslandkarte für das cyberphysische Produktionssystem .....	145
4.23	Notwendige Wissensklassen .....	147
4.24	CPPS-Sequenzdiagramm .....	149
5.1	Die Wahl der Vorgehensschritte im Zuge der empirischen Untersuchung von RealProS .....	155
5.2	Qualitative Eignungsbewertung des Produktionsversorgungskonzepts RealProS .....	157
5.3	Schritte zum Vorgehen bei der empirischen Untersuchung von RealProS .....	159
5.4	Explosionsdarstellung Drohne .....	160
5.5	Vorranggraph – Quadrocopter .....	160
5.6	Vorranggraph – Hexacopter .....	161
5.7	Ausschnitt der realen Versuchsproduktionsversorgungsumgebung	162
5.8	Übersicht vorhandener Hardware .....	163
5.9	Kommunikationsnetzwerk innerhalb der realen Versuchsproduktionsumgebung .....	167
5.10	Verteilung der Kostenquoten über alle Versuche .....	181
5.11	Einflussdiagramme signifikanter Parameter der Kennzahl Durchlaufzeit .....	182
5.12	Qualitätsregelkarten und Normalverteilung der Durchlaufzeit ...	183