

I. Inhaltsverzeichnis

Table of contents

I.	Inhaltsverzeichnis	iii
II.	Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	vii
III.	Abbildungsverzeichnis	xi
IV.	Tabellenverzeichnis	xv
1	Einleitung	1
2	Stand der Technik in Forschung und Industrie	9
2.1	Engineering roboterbasierter Prozesse	9
2.1.1	Programmierung roboterbasierter Prozesse	11
2.2	Ansätze zur anwenderunterstützenden Assistenz im Engineering	12
2.2.1	Klassifizierung anwenderunterstützender Assistenzsysteme	12
2.2.2	Assistenzsysteme in der Produktionstechnik	15
2.2.3	Kognitive entscheidungsunterstützende Assistenzsysteme	16
2.3	Datenmanagement in der Produktionstechnik.....	18
2.3.1	Datenbankmanagementsysteme.....	20
2.3.2	Open Platform Communications – Unified Architecture (OPC UA)	21
2.4	Semantische Technologien	23
2.4.1	Grundlagen semantischer Technologien.....	24
2.4.2	Ontologien.....	25
2.4.3	Ontologien in der Produktionstechnik.....	30
2.4.4	Ontologiebasierte Entscheidungsunterstützungssysteme	33
2.5	Zusammenfassung und Bewertung.....	35
3	Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise	39
3.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	39
3.2	Vorgehensweise der Arbeit	40
4	Anforderungsanalyse	43
4.1	Ausrichtung und Randbedingungen der Studie „Herausforderungen der Steuerungskonfiguration roboterbasierter Prozesse“	43
4.2	Allgemeine Studienergebnisse	44
4.2.1	Teil 1: Allgemeine Angaben zum Unternehmen und Interviewpartnern	44
4.2.2	Teil 2: Produktionstechnische Details zum Fertigungsprozess	45
4.2.3	Teil 3: Wissensmanagement.....	47
4.2.4	Teil 4: Assistenzsysteme.....	49
4.2.5	Teil 5: Einsatz semantischer Technologien	52

4.3	Allgemeine und funktionale Anforderungen an ein wissensbasiertes Assistenzsystem.....	52
4.4	Zusammenfassung und Bewertung der Anforderungsanalyse.....	56
5	Konzeptentwicklung eines ontologiebasierten Wissensmanagementsystems.....	59
5.1	Spezifikation und Design des Wissensmanagementsystems – A.....	59
5.1.1	Aufbau der zentralen Taskontologie.....	61
5.2	Anbindungsmöglichkeiten an prozessinterne Informationsquellen.....	67
5.2.1	Schnittstelle zu OPC-UA-Datenmodellen – B.....	69
5.2.1.1	Aufbau der OPC-UA-Skills-Architektur.....	70
5.2.1.2	Transformation der OPC-UA-Skill-Architektur in einen Knowledge-Graphen.....	74
5.2.2	Schnittstelle zu ORDBMS mit historischen Daten – B.....	78
5.2.2.1	Bottom-up-Ansatz: (Automatisierte) Erstellung der Ontologie aus der Struktur des ORDBMS.....	78
5.2.2.2	Top-down-Ansatz: Verknüpfung einer standardisierten Ontologie mit einem ORDBMS.....	81
5.2.3	Schnittstelle zu Ablauflogik und dynamischen Prozessdaten – C.....	84
5.3	Ausblick auf Integrationsmöglichkeiten in höhere Wissensnetzwerke – F.....	88
5.3.1	Aufbau der Bridge-Ontologie.....	90
6	Optimierungsbasierte Assistenzleistungen für das Wissensmanagementsystem.....	93
6.1	Einordnung der Optimierungsfälle.....	93
6.2	Prozessanpassungen bei der Einführung neuer Produktvarianten.....	94
6.2.1	Grundlagen von EUS auf Basis neuronaler Netze.....	94
6.2.2	Vorgehensweise.....	96
6.3	Ursachenfindung für bestehende Prozessfehler.....	101
6.3.1	Grundlagen von EUS auf Basis Bayes'scher Netze.....	101
6.3.2	Vorgehensweise.....	102
6.4	Prozesszeitoptimierung.....	107
6.4.1	Parallel Machine Scheduling: Grundlagen.....	108
6.4.2	Prozesszeitoptimierung mit MILP: Vorgehensweise.....	109
6.5	Zwischenfazit.....	113
7	Prototypische Implementierung.....	115
7.1	Anwendungsfall: Komplettierungsprozess in der Herstellung von Automobilseitenscheiben.....	115
7.1.1	Demonstrationsprozess <i>Internet of Production Automation Cell</i>	117
7.1.2	Steuerungsarchitektur des Prozesses.....	119
7.2	Aufbau des Wissensmanagementsystems.....	121
7.2.1	Design des Wissensmanagementsystems – A.....	121
7.2.2	Anbindung an prozessinterne Informationsquellen – B und C.....	123

7.2.2.1	Schnittstelle zu OPC-UA-Datenmodellen	123
7.2.2.2	Schnittstelle zu dynamischen MQTT-Daten	127
7.2.3	Anbindung an prozessexterne Informationsquellen – F	129
7.3	Exemplarische wissensbasierte Assistenzleistungen	131
7.3.1	Ontologiebasierte Assistenzleistungen	131
7.3.2	Assistenz bei der Einführung neuer Produktvarianten	132
7.3.3	Fehlerdiagnose mit BN	138
7.3.4	Prozesszeitoptimierung mit MILP	140
7.4	Abschließende Evaluation	146
8	Zusammenfassung und Ausblick	149
8.1	Zusammenfassung	149
8.2	Ausblick	151
	Literaturverzeichnis	155