

Inhaltsverzeichnis

Content

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik in Forschung und Industrie	7
2.1	Aufbau cyberphysischer Produktionssysteme	7
2.1.1	Beschreibung von Systemkomponenten	8
2.1.2	Steuerungskonzepte für CPPS	12
2.1.3	Ansätze zur Orchestrierung von Daten	15
2.2	Sicherheit von Automatisierungssystemen	17
2.2.1	Relevante Normen	17
2.2.2	Ausführung von Sicherheitssystemen in der Industrie	23
2.2.3	Sicherheitsfunktionen	25
2.2.4	Ansätze zur inhärent sicheren Konstruktion in CPPS	25
2.3	Vertragsbasierte Gestaltung von Steuerungsfunktionen	27
2.4	Fazit	31
3	Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise	33
3.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	33
3.2	Vorgehensweise der Arbeit	34
3.3	Beschreibung des Demonstrationsszenarios	37
4	Identifikation der sicherheitsrelevanten Anforderungen an CPPS	41
4.1	Einordnung der Ziele und Herausforderungen von CPPS in den Automatisierungskontext	42
4.1.1	Bedeutung von CPPS für die Automatisierungstechnik	43
4.2	Ableitung der allgemeinen Anforderungen an CPPS	44
4.2.1	Anbindung der Produktionsassets	45
4.2.2	Extraktion von Wissen durch die Analyse der bereitgestellten Daten	47
4.2.3	Rückführung von Wissen in alle Produktionslebenszyklusphasen	48
4.2.4	Zwischenfazit	49
4.3	Beschreibung von Sicherheitssystemen	50
4.4	Ableitung der Anforderungen an sicherheitsbezogene Systemkomponenten	54
4.4.1	Anforderungen an die Infrastruktur	55
4.4.2	Anforderungen an die bereitgestellten Funktionen	57
4.4.3	Zwischenfazit	60

5	Entwicklung einer inhärent sicheren Systemarchitektur	63
5.1	Auswahl der Systemkomponenten	63
5.1.1	Produktionsbedingte Funktionen	63
5.1.2	Konzeption einer cyberphysischen Produktionskomponente für steuerungstechnische, sicherheitsbezogene Systemkomponenten	66
5.2	Anordnung der Systemkomponenten	69
5.2.1	Konzept zur Datenorchestrierung für die Erstellung dynamischer Digitaler Schatten	69
5.2.2	Anordnung von Funktionen innerhalb des Cloud und Edge Computings	75
5.2.3	Erweiterung des CPPS um sicherheitsbezogene Funktionalitäten	77
5.2.4	Zwischenfazit	80
5.3	Sicherheitstechnische Betrachtung	81
5.4	Fazit	82
6	Identifikation und Überwachung von Systemgrenzen	85
6.1	Identifikation von sicherheitsrelevanten Informationen	85
6.1.1	Beschreibung von Systemgrenzen im Kontext der Produktion	87
6.1.2	Implementierung von Sicherheitsfunktionen	89
6.2	Extraktion und Überwachung räumlicher Systemgrenzen	91
6.2.1	Festlegung der Zellgrenzen mittels Ebenen	92
6.2.2	Simulation der Zellgrenzen mittels PyBullet	94
6.2.3	Erkennen von kritischen Zuständen mittels Kamera und Bildverarbeitung	97
6.2.4	Zwischenfazit	102
6.3	Beschreibung und Ausführung des gewünschten Verhaltens mithilfe von Verträgen	103
6.4	Methodik zur Überwachung von Sicherheitsfunktionen	108
6.5	Fazit	110
7	Referenzimplementierung und Evaluierung	111
7.1	Beschreibung der Referenzimplementierung	111
7.1.1	Erweiterung der bestehenden Infrastruktur (Redundanz)	116
7.1.2	Evaluierung der Erweiterung der Referenzinfrastruktur	118
7.1.3	Implementierung der Sicherheitsfunktionen	122
7.1.4	Überwachung der Eingänge der Sicherheitsfunktionen	125
7.2	Evaluierung der Referenzimplementierung	126
7.3	Fazit	129

8 Zusammenfassung und Ausblick.....	131
8.1 Zusammenfassung.....	131
8.2 Ausblick.....	132
9 Literaturverzeichnis.....	137
10 Anhang	157
10.1 Tabellen	157
10.2 Ontologien	163
10.3 Integration der sicherheitsbezogenen Komponenten	165
10.4 Detaillierte Beschreibung der Viola-Jones Methode.....	166