

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Autors	iii
Kurzfassung	v
Short Summary	vii
Abkürzungsverzeichnis	xi
Abbildungsverzeichnis	xiii
1 Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Problemstellung	5
1.3 Struktur der Arbeit	6
1.4 Veröffentlichungen	7
2 Begriffsdefinitionen	9
3 Anforderungen	15
3.1 Echtzeitkommunikation	15
3.2 Parametrierung	17
3.3 Netzwerkkonfiguration	19
3.4 Zusammenfassung	20
4 Stand der Technik	23
4.1 OSI-Referenzmodell	23
4.2 Ethernet	25
4.3 Industrial Ethernet	28
4.4 Time-Sensitive Networking	31
4.5 TSN und Industrial Ethernet	38
4.6 TSN und OPC UA PubSub	40
4.7 TSN und Software-defined Networking	42
4.8 Weitere Ansätze	44
4.9 Bewertung Stand der Technik	46
4.10 Lösungsansatz	47

5	TSN-basierte Echtzeitkommunikation	49
5.1	Einheitliche Kommunikationsbasis	49
5.2	Zeitsynchronisation	52
5.3	Dynamische TSN Verbindungen	55
5.4	Redundante TSN Verbindungen	60
5.5	Virtuelle Netzwerktopologien	64
5.6	Anwendungsprotokolle	67
5.7	Zusammenfassung	69
6	Verwaltungsschale zur Parametrierung	71
6.1	Einheitliche Komponentenbeschreibung	71
6.2	Zeitsynchronisation	74
6.3	Dynamische TSN Verbindungen	76
6.4	Redundante TSN Verbindungen	79
6.5	Virtuelle Netzwerktopologien	81
6.6	Anwendungsprotokolle	83
6.7	Zusammenfassung	88
7	SDN Controller zur dynamischen Netzwerkkonfiguration	91
7.1	Einheitliche Konfigurationsschnittstelle	91
7.2	Zeitsynchronisation	94
7.3	Dynamische TSN Verbindungen	95
7.4	Redundante TSN Verbindungen	103
7.5	Virtuelle Netzwerktopologien	106
7.6	Anwendungsprotokolle	110
7.7	Zusammenfassung	111
8	Realisierung	113
8.1	Prototypische Implementierung	113
8.2	Evaluation TSN SDK	123
8.3	Integration ins Engineering	129
8.4	Bewertung der Lösung	131
9	Zusammenfassung und Ausblick	135
9.1	Zusammenfassung	135
9.2	Ausblick	137
	Literaturverzeichnis	139