

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Use Cases und Anforderungen an die Kommunikation sowie Softwarearchitektur	3
2.1 Use Case 1 - „Regionales virtuelles Kraftwerk“	3
2.1.1 Motivation	3
2.1.2 Beschreibung in der N5GEH-Architektur	4
2.2 Use Case 2 - „Netzschutz in der Nieder- und Mittelspannungsebene“	7
2.2.1 Motivation	7
2.2.2 Beschreibung in der N5GEH-Architektur	9
2.3 Anforderungen an Kommunikation und Softwarearchitektur	11
2.4 Anforderungen Use Case RVK	14
2.4.1 Allgemeine Anforderungen	14
2.4.2 Kommunikationsinfrastruktur	14
2.5 Anforderungen Use Case Netzschutz	16
2.5.1 Allgemeine Anforderungen	16
2.5.2 Kommunikationsinfrastruktur	18
3 Cloudgestützte Softwareplattform für die Energietechnik	19
3.1 Cloud-Struktur für die Datenerfassung und -verarbeitung	19
3.1.1 Container-Orchestrierung und Clusterverwaltung	21
3.2 Basisapplikationen	22
3.2.1 Zeitreihen-Datenbanken - Beurteilung der Leistungsfähigkeit	22
3.2.2 Monitoring-Tool für eine FIWARE-Plattform	28
3.2.3 Keycloak – Identity Access Management	29
3.3 Applikation RVK	30
3.3.1 Softwarearchitektur	30
3.3.2 Datenaustausch	31
3.4 Applikation Netzschutz	33
3.4.1 Softwarearchitektur	33
3.4.2 Datenaustausch	34
3.4.3 Eigenständige Softwareplattform mit Anlehnung an FIWARE	35
3.4.4 Simulation der Netzsensorwerte	37
3.5 Semantische Erstellung und Verwaltung von Entitäten	37
3.5.1 SARGON-SmArt eneRGy dOmain oNtology	37
3.5.2 ENTIRETY	37
3.5.3 Illustrative Beispiele	40
3.5.4 Datenmodell - am Beispiel des Use Case RVK	42
4 Drahtlose Datenerfassung und -übertragung	43
4.1 Drahtlose Sensoren und Aktoren in der Elektroenergieversorgung	43
4.1.1 Anforderungen an die Sensorsysteme der Elektroenergieversorgung	44
4.1.2 Konzept eines Überstromschutzgerätes	47
4.1.3 Anforderungen an Aktoren der Elektroenergieversorgung	49
4.2 Funkbasierte Datenübertragung in Gebäuden	50
4.2.1 LoRaWAN	52
4.2.2 LTE CAT-M1	55

4.2.3	NB-IoT [1]	55
4.2.4	IEEE 802.15.4 / ZigBee	56
4.2.5	Überlegungen zur Abdeckung	57
4.3	MQTT Protokoll	58
4.4	Übersicht über die IEC 60870-5 Protokolle	59
4.4.1	Übersicht über das IEC 60870 Netzwerk	60
4.4.2	Integration der IEC 60870 mit der N5GEH-Plattform	60
5	Datenschutz und Datensicherheit	64
5.1	Bedrohungsanalyse und Angreiferdetektion	65
5.2	Absicherung der Clouddienste	67
5.2.1	Authentifizierung und Autorisierung von MQTT-Clients	69
6	Erprobung und Demonstration der Plattform	72
6.1	Simulator des RVK-Gateways	72
6.2	Demonstratordesign	73
6.3	Use Case 1 - „Regionales virtuelles Kraftwerk (RVK)“	74
6.3.1	Konzept	74
6.3.2	Hardware	75
6.4	Use Case 2 - „Netzschutz in der Nieder- und Mittelspannungsebene“	76
6.4.1	Umsetzung des Test-Setups	76
6.4.2	Übersicht und Szenarien	78
6.4.3	Hardware	80
6.4.4	Deployment	80
7	Dokumentation und Softwaremanagement	83
7.1	Homepage und Wiki-System	83
7.2	Softwaremanagement	84
8	Zusammenfassung / Fazit	86
	Literatur	88
A	Selbstverständnis	91
A.1	Glossar	91
A.2	Open Source Lizenzmodell	93
B	Datenbanken	95
C	Veröffentlichungen	97
D	Dokumentation RVK-Services	99
D.1	RVPP simulator	101
D.1.1	Overview of the RVPP simulator	101
D.1.2	Producers: CHP unit	113
D.1.3	Producers: Gas boiler	116
D.1.4	Consumers: Heating system	118
D.1.5	Consumers: DHW coil in storage tank	120
D.1.6	Schedule execution	124
D.2	Energy Services	128
D.2.1	Overview of the energy services	128

D.2.2	Weather prediction	129
D.2.3	Thermal demand prediction	129
D.2.4	Electric demand prediction	131
D.2.5	Energy vector	131
D.2.6	Schedule creation	141
E	Ergänzungen zum Demonstrator	143