

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Forschungsfragen .....	6
1.2	Struktur der Dissertation .....	8
<b>2</b>	<b>Stand der Wissenschaft und Technik.....</b>	<b>11</b>
2.1	Beobachtung und Messung von Niederspannungsnetzen .....	12
2.1.1	Künstliche neuronale Netze.....	14
2.1.2	Analyse von Methoden der SE und Beobachtung von Niederspannungsnetzen.....	21
2.2	Gesteuertes Laden von EFs.....	23
2.2.1	Zentrale, dezentrale und verteilte Systeme .....	26
2.2.2	Markow-Entscheidungsprozess und Reinforcement Learning....	27
2.2.3	Analyse von Methoden der Ladesteuerung von EFs.....	33
2.3	Zusammenfassung.....	37
<b>3</b>	<b>Definition eines Netzmodells zum Training und Validierung der MLs .....</b>	<b>39</b>
3.1	Allgemeiner Netzaufbau des Modells von Niederspannungsnetzen .....	41
3.2	Haushaltslasten.....	42
3.2.1	Generierung Validierungs- und Testprofile der HSHs.....	45
3.2.2	Generierung Trainingsprofile der HSHs.....	47
3.3	PV-Anlagen .....	50
3.4	EF-Ladung .....	51
3.4.1	Generierung Validierungs- und Testprofile der EF-Ladung .....	51
3.4.2	Generierung Trainingsprofile der EF-Ladung .....	56
3.4.3	RL-Modell der EF-Ladung .....	58
3.5	Zusammenfassung.....	59
<b>4</b>	<b>Parametrierung und Definition verwendeter MLs.....</b>	<b>61</b>
4.1	Generierung des Zustands mittels ANN.....	61
4.1.1	Optimale $\mu$ PMU Platzierung .....	63
4.1.2	Definition der ANN-Parameter .....	68
4.2	MA RL Steuerung zum optimierten Laden von EFs als DDQN .....	72
4.3	Zusammenfassung.....	78
<b>5</b>	<b>Optimierte Steuerung von EFs als MDP mittels MLs .....</b>	<b>81</b>

5.1	Modifiziertes Modell des CIGRE-Niederspannungsnetzes.....	81
5.2	ANN-SE des CIGRE-Niederspannungsnetzes.....	83
5.2.1	Optimale $\mu$ PMU Platzierung am CIGRE Niederspannungsnetz.....	84
5.2.2	Analyse der Methoden zur Generierung pseudo-historischer Daten.....	85
5.2.3	Analyse ANN SE bei unterschiedlichen Anteilen an EFs.....	94
5.3	Lösung des MDP mittels MA RL.....	112
5.3.1	Steuerung der Ladeleistung der EFs in Szenario 2 .....	117
5.3.2	Steuerung der Ladeleistung der EFs in Szenario 3 .....	121
5.4	Zusammenfassung.....	124
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>127</b>
6.1	Beantwortung der Forschungsfragen .....	127
6.2	Ausblick.....	131
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>A.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>145</b>
A.1	Verwendete statistische Daten zur Generierung EF-Verläufe .....	145
A.2	Spitzenlasten Haushalte und PV-Anlagen Beispielnetz .....	147
A.3	Hyperparameter aller ANNs .....	148
A.4	Fehler ANN als Heatmap .....	152
<b>B.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>177</b>
<b>C.</b>	<b>Formelverzeichnis .....</b>	<b>179</b>
<b>D.</b>	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>185</b>