
Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis.....	XIX
1 Einführung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg	5
2 Dezentrale Energieerzeugung aus Photovoltaik	9
2.1 PV-Ausbau in Deutschland.....	9
2.2 Netzausbaubedarf infolge des PV-Ausbaus	12
2.3 PV-Speichersystem	18
2.4 Betriebsstrategien für PV-Speichersysteme	25
2.5 Speicherbetreiber	33
2.6 Zusammenfassung	37
3 Entwicklung eines Fuzzy-Controllers zur netzdienlichen Steuerung des Speichers	40
3.1 Fuzzy-Controller zur Steuerung von Speichern.....	40
3.2 Grundkonzept der Fuzzy-Logik.....	43
3.2.1 Fuzzy-Set-Theorie	44
3.2.2 Fuzzy-Inferenz.....	46
3.2.3 Regelbasis und Defuzzifizierungsmethoden	48
3.3 Entwicklung eines Fuzzy-Controllers für die vorliegende Problemstellung	52
3.3.1 Wahl der Eingangsgrößen und der Stellgröße	53
3.3.2 Wahl der Skalierungsfunktionen und Wertebereiche für die Eingangsgrößen und die Stellgröße.....	54



3.3.3	Definition der linguistischen Terme und ihrer Zugehörigkeitsfunktionen	56
3.3.4	Bildung der Regelbasis	59
3.3.5	Festlegung der Operatoren, des Inferenzmechanismus und der Defuzzifizierungsmethode	60
3.4	Optimierung des Fuzzy-Controllers mithilfe evolutionärer Algorithmen	61
3.4.1	Grundkonzept evolutionärer Algorithmen	62
3.4.2	Fuzzyevolutionäre Systeme	65
3.4.3	Vorteile und Nachteile des entwickelten Optimierungsalgorithmus	66
3.4.4	Ablauf des entwickelten Optimierungsalgorithmus	67
3.4.5	Optimierte Zugehörigkeitsfunktionen des Fuzzy-Controllers	72
3.5	Übertragungsverhalten des optimierten Fuzzy-Controllers	74
3.6	Zusammenfassung	77
4	Entwicklung der netzdienlichen Betriebsstrategie und der Simulationsumgebung	78
4.1	Aufbau der entwickelten Simulationsumgebung	78
4.2	Einbindung des Fuzzy-Controllers in die netzdienliche Betriebsstrategie	79
4.3	Inputdaten	84
4.3.1	Benutzereingaben	84
4.3.2	Lastprofil des Haushalts	86
4.3.3	Lastprofil des E-Autos	91
4.3.4	Erzeugungsprofil der PV-Anlage	95
4.3.5	Solarprognose	100
4.4	Ergebnisdarstellung	100
4.5	Parametrierung der Testinstanz	102
4.6	Zusammenfassung	104
5	Energetische Bewertung der Betriebsstrategien	106
5.1	Literaturübersicht über die Systemdimensionierung von PV-Speichersystemen in privaten Haushalten	106



5.2 Normaler Speicherbetrieb	108
5.2.1 Funktionsweise.....	108
5.2.2 Eigenverbrauchsquote	111
5.2.3 Autarkiequote	115
5.2.4 Anzahl an jährlichen Vollzyklen	118
5.2.5 Abregelungsverluste	120
5.3 Netzdienlicher Speicherbetrieb	133
5.3.1 Funktionsweise.....	133
5.3.2 Eigenverbrauchsquote und Autarkiequote	136
5.3.3 Netzbezug und -einspeisung	136
5.3.4 Anzahl an jährlichen Vollzyklen	140
5.3.5 Abregelungsverluste	141
5.3.6 Sensitivitätsanalyse	147
5.4 Zusammenfassung	156
6 Ökonomische Bewertung der Betriebsstrategien.....	158
6.1 Literaturübersicht über die ökonomische Bewertung von PV-Speichersystemen in privaten Haushalten.....	158
6.2 Netzparität.....	162
6.3 Methode des internen Zinssatzes zur ökonomischen Bewertung von PV-Speichersystemen	164
6.4 Inputparameter für die Wirtschaftlichkeitsanalyse	172
6.4.1 Szenario 2016	174
6.4.2 Szenario 2019	178
6.5 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse beim normalen Speicherbetrieb	180
6.5.1 Szenario 2016	180
6.5.2 Szenario 2019	187
6.5.3 Zwischenfazit.....	191
6.6 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse beim netzdienlichen Speicherbetrieb	192
6.6.1 Wirtschaftlichkeit des netzdienlichen Speicherbetriebs für die Testinstanz.....	193
6.6.2 Szenario 2016	196



6.6.3 Szenario 2019	197
6.6.4 Zwischenfazit.....	200
6.7 Zusammenfassung	201
7 Schlussfolgerungen und Ausblick	203
7.1 Beantwortung der Forschungsfragen.....	203
7.2 Schlussfolgerungen	210
7.3 Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick	213
8 Zusammenfassung.....	216
Literaturverzeichnis	221