

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort des Herausgebers .....</b>	<b>III</b>
<b>Vorwort des Autors .....</b>	<b>IV</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Symbol- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Energiebedarf von Haushalten .....	7
2.2 Erneuerbare Energieerzeugung .....	11
2.3 Energiespeicherung .....	23
2.3.1 Batterie .....	28
2.3.2 Wasserstoff .....	38
<b>3 Modellierung elektrischer Energiesysteme .....</b>	<b>55</b>
3.1 Simulation .....	55
3.2 PV-Erzeugung .....	58
3.2.1 Wetterdaten .....	58
3.2.2 PV-Modell .....	60
3.2.3 Abgleich mit kommerzieller Software .....	72
3.2.4 Validierung mit Messdaten .....	75
3.2.5 Auswahl der Modelle und Parameter .....	79
3.3 Lastprofil .....	80
3.4 Elektrisches Energiespeichersystem .....	86
3.4.1 Batterie .....	88
3.4.2 Wasserstoff .....	91
3.4.3 Kombination beider Technologien .....	96
3.5 Bewertungskriterien .....	98
<b>4 Analyse und Bewertung elektrischer Energiesysteme in Wohnhäusern .....</b>	<b>101</b>
4.1 Charakterisierung des PV-Speichersystems und Auswahl der Randbedingungen ..	101
4.2 Abgleich der Simulation .....	108
4.3 Einfluss der Speicherdimensionierung bei Kurzzeitspeichern .....	109

4.4	Verfahren zur Auslegung und Bewertung eines optimalen Speichersystems .....	115
4.5	Einfluss veränderter Randbedingungen und Modellierungen .....	120
4.5.1	Lastprofil .....	120
4.5.2	Zeitlicher Verlauf und Ertrag der PV-Erzeugung .....	122
4.5.3	Wirkungsgrad und Modellierung der Energiewandler .....	125
4.5.4	Netzdienliche Betriebsstrategien und Netzbelastung durch Speicher .....	128
4.6	Chancen und Grenzen wasserstoffbasierter Energiesysteme .....	134
4.6.1	Saisonale Speicherung .....	134
4.6.2	Kombination beider Technologien .....	138
<b>5</b>	<b>Thermoökonomische Bewertung speicherbasierter Energiesysteme.....</b>	<b>147</b>
5.1	Ökonomische Bewertungskriterien und Randbedingungen .....	147
5.1.1	Allgemeine Betrachtung .....	149
5.1.2	PV-Anlage .....	152
5.1.3	Li-Batterie .....	152
5.1.4	H <sub>2</sub> -Speichersystem .....	154
5.1.5	Zusammenfassung .....	155
5.2	Direkter Vergleich thermodynamisch optimaler Systeme .....	156
5.3	Einfluss der Systemgröße .....	157
5.4	Einfluss der Randbedingungen .....	160
<b>6</b>	<b>Empfehlung für elektrothermische Energiesysteme in Wohnhäusern.....</b>	<b>167</b>
6.1	Thermisches Modell .....	169
6.1.1	Gebäude .....	170
6.1.2	Heizsystem .....	172
6.1.3	Kritische Bewertung des Modells und Einschränkungen .....	176
6.1.4	Bewertung .....	177
6.2	Kopplung des thermischen und elektrischen Energiesystems .....	179
6.2.1	Optimale Verschaltung mit Batteriespeicher .....	180
6.2.2	Einbindung der Abwärme des H <sub>2</sub> -Speichersystems .....	182
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>187</b>
<b>8</b>	<b>Summary.....</b>	<b>195</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>201</b>
<b>10</b>	<b>Vorveröffentlichungen.....</b>	<b>241</b>
<b>A</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>243</b>
A.1	Lastbedarf .....	244

---

A.2	Wetterdaten.....	247
A.3	PV-Erzeugung .....	248
A.3.1	Solarmodul-Datenblatt .....	248
A.3.2	Berechnung der solaren Größen .....	249
A.3.3	Modelle zur Strahlungsaufspaltung.....	252
A.3.4	Modell von Perez et al. [362] .....	252
A.3.5	1-Diodenmodell.....	253
A.3.6	Berechnung der absorbierten Solarstrahlung $S$ .....	254
A.3.7	Wechselrichter-Datenblatt.....	256
A.4	Thermoökonomische Bewertung.....	257
A.5	Thermische Modellierung.....	257
A.5.1	Änderungen Carnot .....	257
A.5.2	Angaben zum Modellgebäude.....	258
A.5.3	Parametrierung des CARNOT-Modells .....	260
A.5.4	Hydraulische Verschaltung der thermischen Anlage .....	262