

Robert Schwerdfeger

**Entwurf eines Betriebsführungsverfahrens  
für Mittel- und Niederspannungsnetze unter  
Berücksichtigung von bidirektionalem  
vertikalem Leistungsfluss**



Universitätsverlag Ilmenau  
2013

# Impressum

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Ilmenau als Masterarbeit vorgelegen.

Verantwortlicher Hochschullehrer und Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Westermann

Tag der Verteidigung: 25. Januar 2012

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

### **Universitätsverlag Ilmenau**

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

[www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag](http://www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag)

### **Herstellung und Auslieferung**

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

[www.mv-verlag.de](http://www.mv-verlag.de)

**ISSN** 2194-2838 (Druckausgabe)

**ISBN** 978-3-86360-046-4 (Druckausgabe)

**URN** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2013100058

---

### Titelfotos:

@iStockphoto.com : JLGutierre ; timmy ; 3alexnd ; Elxeneize ; tap10

yuyang/Bigstock.com

M. Streck, FG EGA | F. Nothnagel, FG EGA | D. Westermann, FG EEV

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Stand der Technik.....	4
2.1	Netzbetrieb.....	4
2.1.1	Einordnung .....	4
2.1.2	Beobachtbarkeit von Verteilnetzen.....	6
2.1.3	Agentenbasierter Ansatz .....	9
2.2	Smart Charge Communication Protocol.....	10
2.3	Elektrische Energieanlagen .....	11
2.3.1	Wasserkraftanlagen.....	12
2.3.2	Windkraftanlagen .....	12
2.3.3	Photovoltaikanlagen.....	14
2.3.4	Biogasanlage .....	14
2.3.5	Klär- und Deponiegasanlage.....	15
2.3.6	Speichertechnologien .....	16
2.4	Regelbare Ortsnetztransformatoren.....	18
2.5	Fazit und Forschungsfrage.....	18
3	Betriebsführungsverfahren .....	21
3.1	Restriktionen .....	21
3.2	Freiheitsgrade.....	22
3.3	Lokales Lastmanagement .....	22
3.4	Regelung der Erzeugungsanlagen .....	25
3.5	Speicherbewirtschaftung .....	27
3.6	Resultierendes Betriebsführungsverfahren .....	28
4	Numerische Fallstudien.....	31
4.1	Referenznetz.....	31
4.1.1	Bestehendes Ortsnetz .....	31
4.1.2	Dimensionierung der Anlagen .....	33
4.1.3	Erweitertes Ortsnetz.....	38
4.2	Simulationssystem.....	39
4.3	Beladung Elektrofahrzeuge .....	45
4.4	Szenarien .....	47
4.4.1	Typtage .....	47
4.4.2	Lastgänge.....	48

4.4.3	Resultierende Szenarien .....	49
4.5	Ergebnisse .....	50
4.5.1	Szenario 1: LG_L-E_ST-L_ST .....	51
4.5.2	Szenario 2: LG_L-E_ST-L_SC .....	54
4.5.3	Szenario 3: LG_L-E_SC-L_ST .....	56
4.5.4	Szenario 4: LG_L-E_SC-L_SC .....	59
4.5.5	Szenario 5: LG_A-E_ST-L_ST .....	61
4.5.6	Szenario 6: LG_A-E_ST-L_SC .....	64
4.5.7	Szenario 7: LG_A-E_SC-L_ST .....	66
4.5.8	Szenario 8: LG_A-E_SC-L_SC .....	68
4.5.9	Szenario 9: LG_R-E_ST-L_ST .....	70
4.5.10	Szenario 10: LG_R-E_ST-L_SC .....	72
4.5.11	Szenario 11: LG_R-E_SC-L_ST .....	75
4.5.12	Szenario 12: LG_R-E_SC-L_SC .....	77
4.5.13	Szenario 13: LG_AB-E_D-L_D .....	80
4.6	Fazit .....	83
5	Zusammenfassung und Ausblick .....	87
6	Literaturverzeichnis .....	IX
A	Anhang .....	XVII
A.1	Smart Charge Communication Sequenz .....	XVII
A.2	Referenznetz .....	XVIII
A.3	Energiedaten .....	XX
A.4	Ortsnetz Datenblätter .....	XXI
A.5	Anpassung der Betriebsmittel des Ortsnetzes .....	XXVI
A.6	Berechnung $P_{\max}$ eines Haushalts .....	XXVIII
A.7	Beschreibung des Simulationssystems .....	XXIX
A.8	Dimensionierung Biogasanlage .....	XXXII
A.9	Ermittlung Wirkungsgrad der EV-Beladung .....	XXXII
A.10	Ermittlung der charakteristischen Tage .....	XXXIII
A.11	Vereinfachtes Ersatzschaltbild einer Photovoltaikanlage .....	XXXV
B	Begriffs- & Abkürzungsverzeichnis .....	XXXVI
C	Formelverzeichnis .....	XXXVIII
D	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	XL