

Robert Schwerdfeger

Vertikaler Netzbetrieb

Ein Ansatz zur Koordination von
Netzbetriebsinstanzen verschiedener
Netzebenen



Universitätsverlag Ilmenau
2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Forschungsfrage und Struktur der Arbeit.....	3
1.2	Definitionen und Festlegungen	5
2	Stand der Technik	6
2.1	Netzbetrieb in Deutschland (Stand 2016)	6
2.2	Projekte und Studien	11
3	Potenziale möglicher Freiheitsgrade in den Verteilernetzebenen.....	16
3.1	Studien und Forschungsprojekte	16
3.1.1	Lastmanagement als Beitrag zur Deckung des Spitzenlastbedarfs in Süddeutschland [70].....	16
3.1.2	Demand Response in der Industrie [73].....	17
3.1.3	Demand Side Integration [71]	18
3.1.4	dena-Netzstudie II [75].....	19
3.1.5	dena-Verteilnetzstudie [77]	21
3.1.6	Status Quo und Potentialanalyse von Speichertechnologien, Energieinfrastrukturen und Lastmanagement für Unternehmen in der Metropolregion Hamburg [79]	23
3.1.7	Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus erneuerbaren Energien [80].....	24
3.1.8	Simulationsgestützte Prognose des elektrischen Lastverhaltens [81]	25
3.1.9	Untersuchungen zu einem zukunftsfähigen Strommarktdesign [82].....	26
3.1.10	Energiespeicher für die Energiewende [83]	27
3.1.11	Smart Nord - Intelligente Netze Norddeutschland [84].....	27
3.1.12	Demand Side Management in Haushalten - Analyse des praktischen Potenzials zur Bereitstellung von Reserveleistung bis 2020 [85].....	28
3.1.13	Demand Side Management Potential - A case study for Germany [86]	28
3.1.14	Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene unter regelungstechnischen und Kostengesichtspunkten [87].....	29
3.1.15	Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050 [88].....	31
3.2	Wirkleistungspotenzialabschätzung	32
3.3	Blindleistungspotenzialabschätzung	34
3.4	Fazit.....	37

4	Methoden zur Nutzbarmachung betrieblicher Freiheitsgrade der Verteilernetzebenen	38
4.1	Mögliche Netzbetriebsansätze	39
4.1.1	Zentralistischer Ansatz	39
4.1.2	Hierarchischer Ansatz	41
4.1.3	Stärken und Schwächen des zentralistischen und hierarchischen Ansatzes	43
4.1.4	Ansatz: „Vertikaler Netzbetrieb“	45
4.2	Koordinationschnittstelle	51
4.2.1	Bestehende Ansätze	51
4.2.2	$PQu(t)$ -Ansatz	54
4.2.3	Methode zur Ermittlung der $PQu(t)$ -Kapazität	59
4.3	Arbeitspunktänderung im Rahmen des Vertikalen Netzbetriebs	65
4.4	Einbettung der Module in ein Netzleitsystem	70
5	Numerische Fallstudien	73
5.1	Modellierung von Lasten und Erzeugern	73
5.2	Referenznetze und deren Parametrierung	74
5.3	Szenarien	83
5.4	Ergebnisse	85
5.4.1	Netzbetriebsplanung mittels $PQu(t)$ -Kapazität	85
5.4.2	Arbeitspunktänderung im Rahmen der Netzbetriebsführung	98
5.4.3	Fazit	104
6	Zusammenfassung und Ausblick	107
6.1	Zusammenfassung	107
6.2	Ausblick	109
7	Literaturverzeichnis	112
A.	Anhang	125
A.1	Vorgehensweise Literaturrecherche	125
A.2	Hochrechnung - Wirkleistungspotenzial	125
A.3	Modellierung der Arbeitsbereiche für Erzeuger und Lasten	128
A.4	Modellierung Referenznetze	135
A.5	$PQu(t)$ -Kapazität im DACF-Prozess für Szenario 10	146
B.	Abkürzungsverzeichnis	153
C.	Formelverzeichnis	155
D.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	157