



Zusammenfassung Masterarbeit

Erstellung von Schaltkonzepten für Last- und Einspeiseabschaltungen im Stromnetz eines Verteilnetzbetreibers

Verfasser: Bastian Maucher

Motivation und Problemdefinition:

Die dezentrale Einspeisung erneuerbarer Energien stellt Netzbetreiber vor neue Herausforderungen in der Netzführung. Um die Systemstabilität zu gewährleisten und gleichzeitig auch weiterhin erneuerbare Energien in das Stromnetz integrieren zu können (in Süddeutschland vorwiegend Photovoltaik), wurden neue Regelmechanismen in das Netzmanagement eingefügt und bereits vorhandene an die neuen Bedürfnisse angepasst. Das Einspeisemanagement für regenerative Erzeugungsanlagen und ein kontrollierter Lastabwurf bei Überlast sind zwei dieser Mechanismen. Im Rahmen dieser Masterarbeit, erstellt in Zusammenarbeit mit der Bauer Elektronunternehmen GmbH & Co. KG, einem mittelständischen Verteilnetzbetreiber aus dem Landkreis Mühldorf, wurden, auf Basis eines Simulationsmodelles, Voraussagen der auftretenden Leistungsflüsse im Niederspannungsnetz des Verteilnetzbetreibers erstellt. Der Verteilnetzbetreiber wird dadurch in die Lage versetzt, auf zukünftige regelungstechnische Anforderungen seitens der übergeordneten Netzbetreiber angemessen reagieren zu können.

Vorgehensweise:

Zuerst wurde das Nieder-/und Mittelspannungsnetz der Bauer Elektronunternehmen GmbH und Co.KG in DIGSILENT® nachmodelliert. Berücksichtigt sind hierbei alle relevanten Betriebsmittel, d.h. Transformatoren, Kabel und Freileitungen, etc..

Außerdem wurden für alle Anschlussknoten entsprechend der vorhandenen Dokumentation Verbraucher und Einspeiser hinterlegt.

Die Verbraucher sind entsprechend ihrer Verbrauchsstruktur in Privathaushalte, Gewerbe und Landwirtschaft untergliedert.

Als Einspeiser kommen im Wesentlichen Photovoltaikanlagen vor, die ausnahmslos an das Niederspannungsnetz angeschlossen sind. Biogasanlagen hingegen speisen in das Mittelspannungsnetz ein. Windenergieerzeuger sind bis dato im betrachteten Netzgebiet noch nicht angeschlossen. Alle Einspeiser wurden mit der installierten Nennleistung (Peakleistung) hinterlegt. Für die Biogasanlagen wurde die Nennleistung durch einen errechneten Korrekturfaktor angeglichen und als konstant angenommen; den Photovoltaikanlagen wurde das Einspeiseprofil einer Referenzanlage zugewiesen.

Die Lastprofile der Verbraucher wurden aus Messungen im Netzgebiet gewonnen. Die Standard-Lastprofile des BDEW gelten erst ab einer gewissen Verbraucherzahl – im Falle der Haushaltsverbraucher ist eine Mindestzahl von 150 Kunden je Ortsnetztransformator erforderlich, um den tatsächlichen Lastfluss annähernd genau wiedergeben zu können¹.

¹ Esslinger, P.: Entwicklung und Verifikation eines stochastischen Verbraucherlastmodells für Haushalte, 12 Symposium Energieinnovation, Verlag der Technischen Universität Graz, 2012

Diese Mindestzahl war im untersuchten Netzgebiet nicht gegeben, weshalb anstelle der Standardlastprofile spezifische Lastprofile erstellt wurden. Hierfür wurden ausgewählte Ortsnetzstationen mit einem Leistungsmessgerät vermessen und aus diesen Messwerten der reine Lastfluss extrahiert. Beispielhaft ist in Abbildung 1 das Standardlastprofil und das spezifische Verbraucherlastprofil für Privathaushalte vergleichend dargestellt.

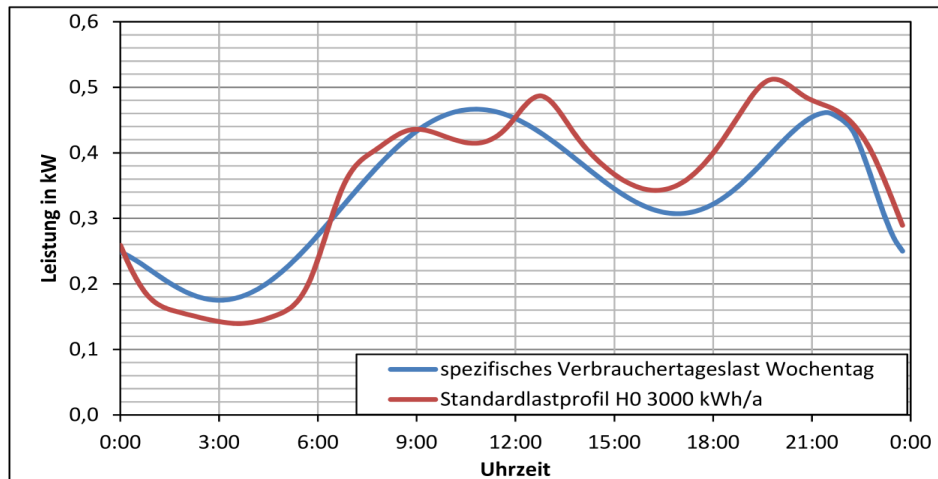


Abbildung 1: Standardlastprofil H0 und spezifisches Verbraucherlastprofil im Vergleich

Alle drei Verbrauchertypen (Haushalte, Gewerbe, Landwirtschaft) wurden mit den entsprechenden spezifischen Verbraucherlastprofilkennlinien modelliert. Unterschieden wurde bei der Erstellung der Lastkurve ferner in Wochentag und Wochenende.

Das Einspeiseprofil der PV-Anlagen stammt von der Einspeisekurve einer Referenzanlage, die zentral im Netzgebiet installiert war und daher für jeden Tag die entsprechende Charakteristik lieferte. Diese Referenzkurve wurde entsprechend skaliert und für alle Photovoltaikanlagen verwendet.

Ergebnisse:

Mithilfe der spezifischen Lastprofile und den Einspeisecharakteristika können nun Lastflussberechnungen in Form einer Zeitreihenrechnung durchgeführt werden. Die Qualität der eigens erstellten Lastprofile und Einspeisekurven wurde am Netzübergabepunkt verifiziert, indem der errechnete Lastfluss mit dem tatsächlichen Lastfluss verglichen wurde. Die Ausrichtung und Neigung der an das Niederspannungsnetz angeschlossenen PV-Anlagen stimmt nicht mit der Referenzanlage überein. Daher muss hierfür ein Korrekturfaktor ermittelt werden, mit dem das Referenzprofil verbessert werden kann. Analog wird auch für die Biogasanlagen ein Korrekturfaktor verwendet.

Abbildung 2 stellt das Ergebnis der Lastflusssimulation am Netzübergabepunkt für sonnenreiche Tage dar. Beide Kurven nehmen hier einen ähnlichen Verlauf, der relative Fehler ist reproduzierbar und somit eliminierbar. Auch für Schlechtwettertage zeigt sich eine

ähnliche Tendenz, wengleich Phänomene wie Wolkenzug o.ä. zu einer schlechteren Übereinstimmung führen als beim Clear-Sky-Szenario.

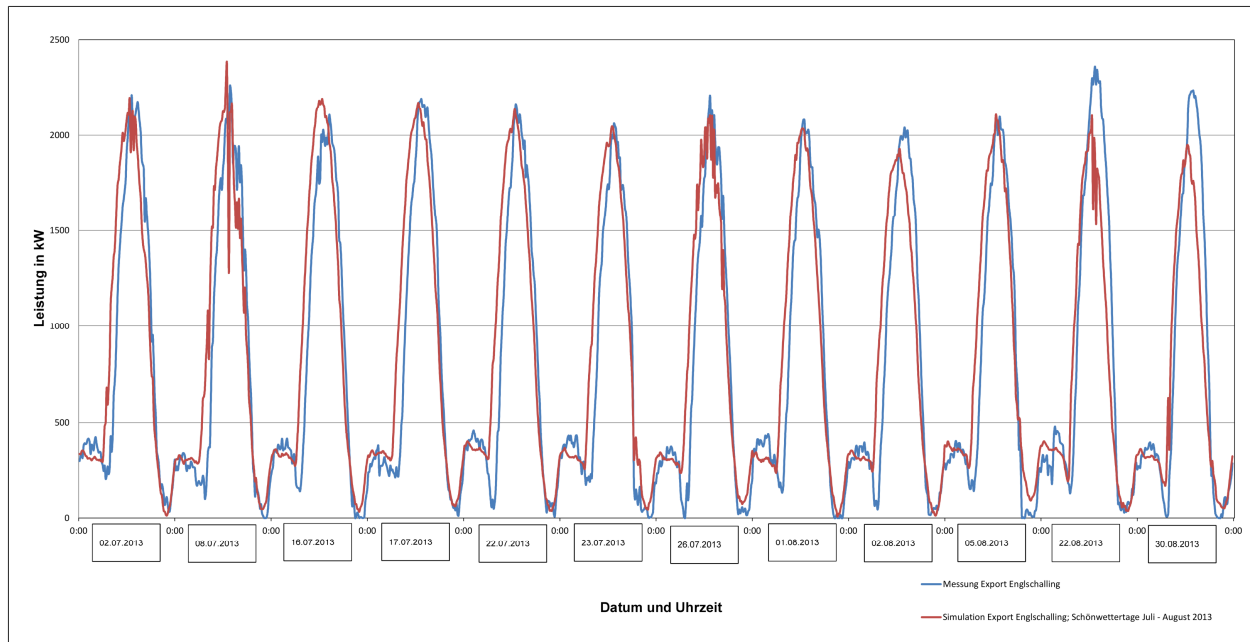


Abbildung 2: Simulationsergebnis und Messergebnis Lastfluss Netzgebiet

Die verifizierte Simulation wurde nun verwendet, um den Lastfluss für einzelne Netzgebiete zu berechnen. Der Netzbetreiber verfügt über keine Leittechnik. Daher müssen etwaige Schalthandlungen immer manuell durchgeführt werden. Hierfür stehen ihm am zentralen Schaltheus sechs Schaltvarianten zur Verfügung. Für jeden dieser manuell schaltbaren Ringe/Stiche wurden die Lastflüsse abhängig von bestimmten Randbedingungen berechnet – wie z.B. Tageszeit, Sonneneinstrahlung, Jahreszeit sowie Wochentage und Wochenenden. Es wurde sowohl der Summenlastfluss (Einspeiser und Verbraucher) als auch lediglich der Einspeiselastrfluss (Photovoltaik und Biogas ohne Verbraucher) berechnet. Das gewünschte Ergebnis ist eine Schaltmatrix, mit deren Hilfe für die 6 schaltbaren Abgänge des Netzgebietes zu jeder Tageszeit der Lastfluss ablesbar ist.

Variante [kW]	12:00 Uhr												13:00 Uhr											
	Sommer				Übergang				Winter				Sommer				Übergang				Winter			
	Schönwetter		Schlechtwetter		Schönwetter		Schlechtwetter		Schönwetter		Schlechtwetter		Schönwetter		Schlechtwetter		Schönwetter		Schlechtwetter		Schönwetter		Schlechtwetter	
	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende	Wochentag	Wochenende
A	-3	-81	179	170	-26	-104	191	113	168	90	211	133	-9	-84	174	162	-49	-124	194	118	175	100	227	151
B	-27	-41	190	175	-54	-69	204	189	176	161	228	213	-30	-46	188	171	-77	-94	211	194	189	172	251	234
C	23	-12	201	165	1	-35	213	176	190	154	232	196	33	-15	211	163	-6	-55	230	182	212	163	263	214
D	-748	-829	18	-64	-843	-925	67	-15	-32	-114	153	71	-823	-913	-55	-146	-990	-1080	27	-64	-52	-143	170	79
E	-231	-231	-30	-30	-256	-256	-17	-17	-43	-43	6	5	-255	-255	-53	-54	-299	-299	-32	-33	-52	-53	6	5
F	-64	-69	40	30	-77	-81	47	37	33	24	59	48	-85	-74	18	26	-108	-95	29	37	19	27	49	56
Summe	-1049	-1264	599	447	-1255	-1469	705	483	493	272	888	665	-1168	-1388	483	322	-1530	-1748	659	434	489	265	965	739

Abbildung 3: Ausschnitt aus der Schaltmatrix für EEG-Abschaltung

Erhält der Netzbetreiber die Anforderung, eine gewisse Menge an Einspeisung oder Last abzuschalten, gibt ihm die Matrix Auskunft, welche Schalthandlung am besten seiner zu schaltenden Leistung entspricht. Darüber hinaus kann die Simulation im Hinblick auf einen zukünftigen Photovoltaik-Zubau beliebig erweitert werden und ist damit für den Netzbetreiber auch in Zukunft anwendbar.