

ENTWICKLUNG EINER STRATEGIE ZUR DEZENTRALEN NETZREGELUNG EINGEBETTETER INSELNETZE

Lennard WILKENING¹, Günter ACKERMANN¹, Thanh Trung DO¹

Motivation

Niederspannungsnetze mit hohem Anteil erneuerbarer Energien bieten im Störfall durch Regelung dezentraler Energieeinheiten die Möglichkeit einer sicheren Entkopplung vom Verbundnetz und eine stabile Versorgung im Inselbetrieb. Das als eingebettetes Inselnetz agierende Teilnetz verhält sich im Bezug zum Verbundnetz wie eine regelbare netzstützende Einheit, wodurch die Versorgungssicherheit erhöht und ungewollte Inselnetzbildung vermieden wird. Der Umfang eines weiteren Netzausbaus wird reduziert. Außerdem wird eine kontinuierliche Transformation vom bestehenden zentral geregelten in ein neues dezentral geregeltes Energieversorgungssystem ermöglicht. Eine Umstellung der heutigen zentralen auf eine flächendeckend dezentrale Regelung wäre jedoch zu risikoreich, ohne vorher die technische Machbarkeit nachzuweisen. Dies soll mit der Untersuchung einer Systematik zur stabilen Betriebsführung eingebetteter und gekoppelter Inselnetze erzielt werden.

Im Rahmen dieses Beitrags wird gezeigt, dass es mit einem nahe am Ortsnetztransformator installierten Batteriehybridsystem (BHS) ohne die Verwendung von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und ohne Eingriff in die bestehenden Betriebsmittel möglich ist, ein Niederspannungsnetz stabil als Inselnetz zu betreiben. Bestehend aus einem Batteriespeicher und einer regelbaren Erzeugereinheit (z.B. Brennstoffzelle oder Dieselgenerator) übernimmt das BHS die Primär-, Sekundär- und Spannungsregelung sowie die Blindleistungsbereitstellung.

Methodik

Eine möglichst einfache Umsetzung ergibt sich, wenn alle Betriebsmittel außer dem BHS keinen Unterschied zwischen Inselbetrieb und Verbundbetrieb erfahren. Zur Bewertung der Netzdynamik bei Last- und Erzeugungsänderung, werden die Kriterien des ENTSO-E Operation Handbook angewendet. Dies ermöglicht jederzeit den Wechsel in den Verbundbetrieb. Zur Überprüfung dieser Kriterien im Inselbetrieb werden die verschiedenen Erzeuger, Verbraucher und Speicher im Netz bezüglich ihrer dynamischen Eigenschaften charakterisiert und modelliert. Für Netzstrukturen mit mehr als 100 Wohneinheiten lassen sich sogenannte Standortlastprofile zur Lastgangprognostizierung des Energieverbrauchers ohne Leistungsmessung verwenden. Das hier betrachtete Netz weist jedoch nur eine Anzahl von 39 Wohneinheiten auf, daher dürfen hier Standortlastprofile für eine hinreichend genaue Repräsentation des Lastverhalten der einzelnen Wohneinheiten nicht verwendet werden. Aufgrund mangelnder zur Verfügung stehenden Messdaten, werden in dieser Arbeit Lastprofile verwendet die mithilfe eines Lastprofilgenerators erzeugt wurden. Das hier betrachtete Niederspannungsnetz ist ein synthetisches Musternetz der Netzkategorie Dorf, in dem die Spannungsänderung durch die eingespeiste PV-Leistung die erlaubte Spannungsabweichung von +10 % am Netzanschlusspunkt gerade überschreitet. Als mögliches Zubau-Potenzial von PV-Leistung wird ein mittleres PV-Potenzial pro Hausanschluss für die Siedlungskategorien (Land, Dorf und Vorstadt) verwendet (Tabelle 1).

Siedlungskategorie	Land	Dorf	Vorstadt
Mittleres PV-Potenzial pro Hausanschluss in kWp	25,8	13,9	5,7

Tabelle 1: Mittlere PV-Leistung pro Hausanschluss

Die zulässigen Spannungsgrenzen stellen eine wesentliche Einflussgröße für die Aufnahmegrenzen dezentraler Einspeiseleistung in Niederspannungsnetzen dar. Kritische Netze mit hoher Einspeisung werden heute bereits mit regelbaren Ortsnetztransformatoren ausgestattet. Diese sind in der Lage, die Spannung der Lastsituation anzupassen und dadurch die Ausnutzung der Netzkapazität zu erhöhen.

¹ Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Elektrische Energiesysteme und Automation, Eißendorfer Straße 38, 21073 Hamburg, Tel.: +49 40 42878-4210, Fax: +49 40 42878-3967, lennard.wilkening@tuhh.de, www.tuhh.de/ha

Da kritische Netze aufgrund der hohen PV-Einspeisung eine hohe Systemrelevanz haben, kommen sie für den Betrieb als eingebettetes Inselnetz besonders in Frage weshalb das BHS in der Lage sein muss, die Spannung entsprechend zu regeln. Durch Simulation eines Referenzfalls lassen sich die Spannungsdifferenzen ($\Delta v_{\text{Ref},i}$) der Abgänge im Niederspannungsnetz bestimmen (Abb. 1), so dass während des Betriebs durch lokale Messung des Leistungsflusses durch die Abgänge ($P_{R,i}$) die Spannung am kritischen Netzknoten ($v_{\text{krit},i}$) abgeschätzt und die Spannung (v_{SS}) entsprechend geregelt werden kann:

$$v_{\text{krit},i} = v_{\text{SS}} + \Delta v_{\text{Ref},i} \frac{P_{R,i}}{P_{\text{Ref},i}}$$

Hierfür ist keine Kommunikation des BHS mit den Erzeugern und Verbrauchern notwendig. Die in Abbildung 2 dargestellte Regelstrategie zeigt eine Kombination aus Batteriespeicher und Brennstoffzelle. Die Batterie dient als netzbildende Spannungsquelle und regelt die Netzfrequenz und Spannung an der Sammelschiene. Die Brennstoffzelle hat die Aufgabe, durch Regelung des Batterieladezustands (SOC) die Entladedauer und die Leistungsabgabe der Batterie zu verlängern bzw. zu erhöhen.

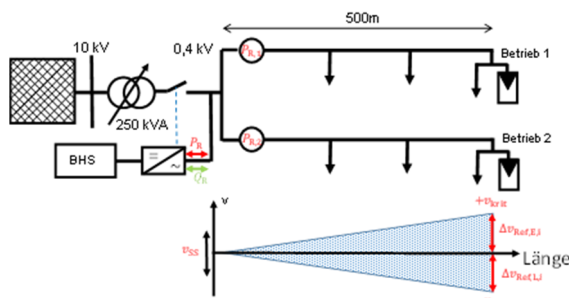


Abbildung 1: Schema eines Referenzszenarios zur Spannungsabschätzung

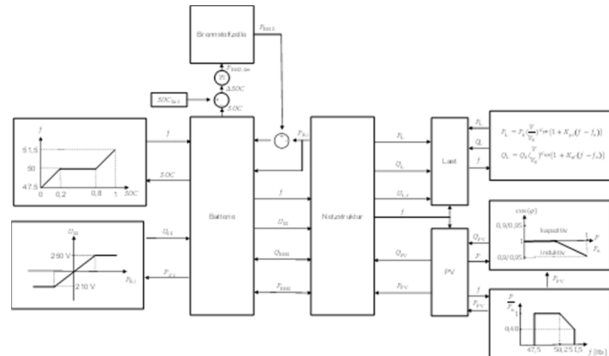


Abbildung 2: Regelstrategie für den Inselbetrieb

Durch Simulation von Störfallszenarien lassen sich geeignete Regelparameter für den stabilen Inselnetzbetrieb bestimmen und Sollwertvorgaben zum stabilen Netzbetrieb definieren. Untersuchungsgegenstand sind eingebettete Niederspannungs-Inselnetze, da anhand dieser Struktur die technischen Anforderungen vom heutigen Stand der Technik bis hin zu einer dezentralen Netzregelung entwickelt werden können.

Ergebnisse und Ausblick

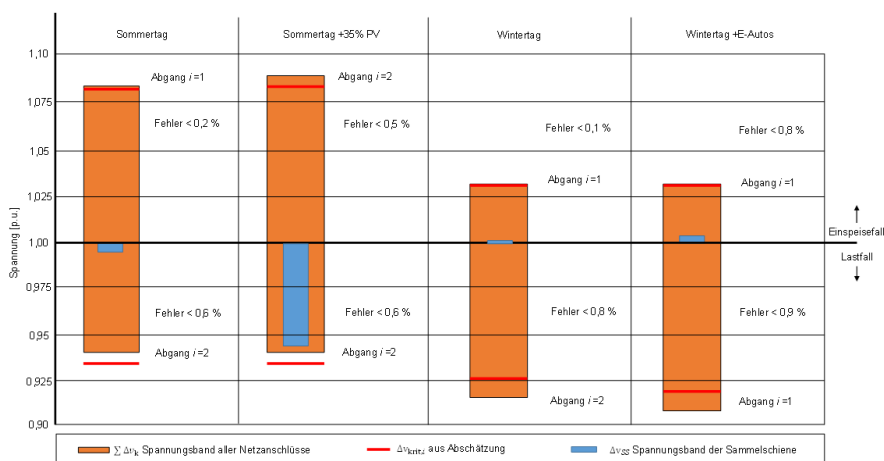


Abbildung 3: Ergebnisse und Ausblick

Basis für weiterführende Untersuchungen zur dezentralen Netzregelung, wobei die Wechselwirkung von Inselnetz und Verbundnetz bei den Zustandsübergängen – gekoppelt und getrennt – von besonderem Interesse sind. Die Regelstrategien sollen zukünftig mit Hilfe von Experimenten an einer bestehenden Netznachbildung validiert werden.

Es wird gezeigt, dass mittels geeigneter Regelstrategien und ohne Verwendung aufwändiger IKT das Musternetz als eingebettete Inselnetze betrieben werden kann. Die Abbildung links zeigt die Ergebnisse der Abschätzung der kritischen Spannungsänderung an verschiedenen Tagen und nach Veränderung der Last- und Einspeisesituation. Die Ergebnisse dieser Arbeit bilden die