

Projekt: Smart Nord TP 5 “Systemtheorie für aktive Verteilnetze”

Zielsetzung des Forschungsverbundes: „Smart Nord – Intelligente Netze Norddeutschland“ ist ein vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) geförderter, interdisziplinärer Forschungsverbund aus sechs Teilprojekten, die sich im Kontext des Niedersächsischen Energiekonzepts bewegen.

Ziel des TP 5: Der stabile Netzbetrieb, im Sinne von Frequenz und Spannungsstabilität, soll auch zukünftig, trotz erhöhter dezentraler Erzeugung bei gleichzeitigem Wegfall konventioneller Kraftwerksleistung, gewährleistet werden. Wenn die dafür notwendigen Systemdienstleistungen durch dezentrale Anlagen erbracht werden sollen, hat dies zur Folge, dass diese Systemdienstleistungen aus dem Verteilnetz zu erbringen sind. Damit sind die Erzeugungseinheiten, mit ihrer volatilen Einspeisung so zu regeln, dass eine stabilisierende Wirkung für das Gesamtsystem erreicht wird. Bezogen auf ein Verteilnetz, das diese Anforderungen erfüllt, liegt es nahe, sich die Frage zu stellen, ob ein solches Netz dann auch autonom (z.B. bei Ausfall des überlagerten Netzes) geführt werden kann.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Forschungsfrage des Projektes.

- Wie kann der stabile Netzbetrieb aktiver Verteilnetze (MicroGrids) netzparallel und autonom sichergestellt werden?

Diese beiden Forschungsfragen wurden neben dem Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme von verschiedenen Projektpartnern bearbeitet (siehe Abschnitt Projektpartner).

Erzielte Ergebnisse: Das Teilprojekt 5 des Forschungsverbundes wurde von fünf Instituten auf drei Arbeitspakete aufgeteilt bearbeitet. Es wurden entsprechend eine Vielzahl von Ergebnissen erzielt. In diesem Teil des Jahresberichts werden exemplarisch zwei Resultate vorgestellt. Zusätzlich finden Sie in diesem Jahresbericht den Beitrag „Inselnetzerkennung im Rahmen des Smart Nord Projektes“ auch diese Ergebnisse wurden im Rahmen des Teilprojektes 5 erarbeitet. Eine vollständige Übersicht über die erzielten Ergebnisse des Projektes können dem allgemein zugänglichen Abschlussbericht entnommen werden. Dieser ist über die Internetseite des Forschungsverbundes www.smartnord.de verfügbar.

Eine Anforderung, die sich das Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme und seine Projektpartner gestellt haben, war, dass die theoretischen Ergebnisse durch Laborversuche validiert werden sollten. Dazu wurde die bestehende Infrastruktur des „Labors für aktive Verteilnetze“ im Energie-Forschungszentrum Niedersachsen wie folgt erweitert:

- Aufbau von acht Netzersatzelementen mit denen typische Leitungskonfigurationen des Verteilnetzes nachgebildet werden können; diese sind frei verschaltbar, so dass beliebige Netztopologien möglich sind.
-

- Aufbau einer Messinfrastruktur, die alle drei Phasen jeder Spannung und jedes Stromes im Versuchsnetz erfasst.
- Ergänzung des Netzes um zusätzliche Erzeugungsanlagen.

Ein Überblick über die durchgeführten Erweiterungen ist in Abbildung 1 zu sehen. Dort sind die ursprünglich vorhandenen und neuen Komponenten in einer Beispielanordnung dargestellt.

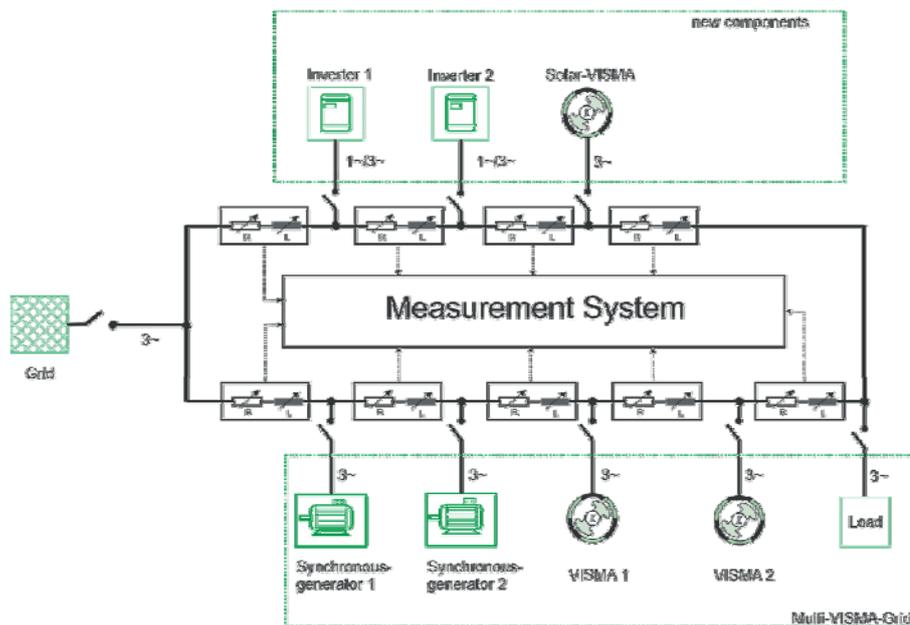


Abbildung 1: Beispielanordnung des Labors für aktive Verteilnetze mit den neu hinzugekommenen Komponenten

Die Dimensionierung der Netzersatzelemente wurde so gewählt, dass der die Spannungsabfälle den realen Gegebenheiten (Spannungsmaßstab 1:1) eines Niederspannungsnetzes entsprechen. Die Ströme durch die die Spannungsabfälle verursacht werden, sind um den Faktor 10 kleiner skaliert als in einem realen Netz (Strommaßstab 1:10). Damit ist der Leistungsmaßstab 1:10. Hintergrund für dieses Vorgehen ist das so im Laborbetrieb auch Grenzbereiche erreicht werden können und die Effekte des nicht idealen Aufbaus (Übergangswiderstände etc.) reduziert werden konnten. Abbildung 2 zeigt den Aufbau der Ersatzelemente, und deren Verhalten im Betrieb.

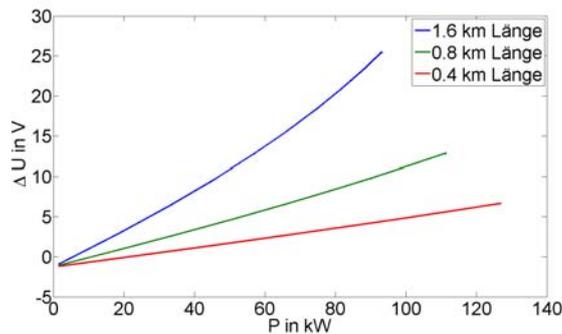
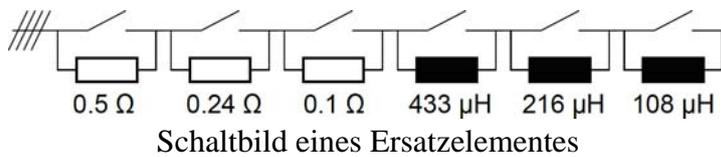


Abbildung 2: Rechts: Schaltschrank der acht netzersatzelemente

Links: Schaltbild eines Ersatzelementes (oben)

Messung an einer Leitungsnachbildung (unten), Spannungsmaßstab: 1:1, Leistungsmaßstab: 1:10)

Die besondere Herausforderung eines Micro-Grids, liegt darin, dass sowohl der Netzparallelbetrieb (on-grid) als auch der Inselnetzbetrieb (off-grid) beherrscht werden muss. Im Falle eines Wechsels vom on-grid in den off-grid Betrieb ist neben der notwendigen Stabilität auch die Möglichkeit einer stationär genauen Frequenzvorgabe ein wichtiges Kriterium. Dabei ist aus Effizienzgründen darauf zu achten, dass bei mehreren dezentralen Anlagen die Last entsprechend der Leistungsfähigkeit aufgeteilt wird. Für solche Zwecke ist ein Lastverteiler mit einer Kommunikationseinrichtung notwendig. Dieser muss so robust sein, dass auch im Falle eines Kommunikationsausfalls die Sollwerte stationär genau eingehalten werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein solcher dezentraler Lastverteiler erprobt. Die Funktion wird an dem in Abbildung 3 zu sehenden Beispielnetz illustriert

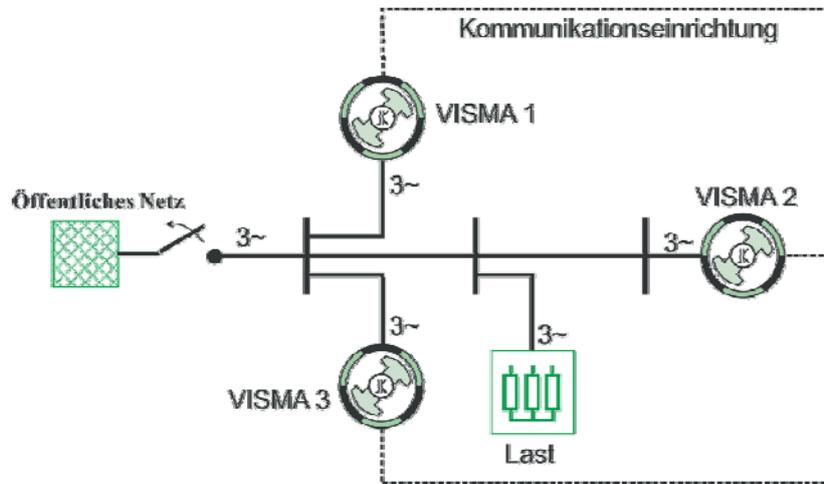


Abbildung 3: Versuchsanordnung für die Verteilte Frequenzregelung

Das oben dargestellte Netz besteht aus einer Last die von drei Virtuellen Synchronmaschinen (VISMA) versorgt wird. Jede der einzelnen VISMA-Systeme ist mit einem in Abbildung 4 gezeigten Frequenzregler ausgestattet. Dieser besitzt einen I-Anteil, der für stationäre Genauigkeit sorgt, auch wenn die Kommunikation mit den anderen Anlagen ausfällt, und einem P-Anteil der die Lastaufteilung bestimmt. Dieser ist von einer funktionierenden Kommunikationseinrichtung abhängig.

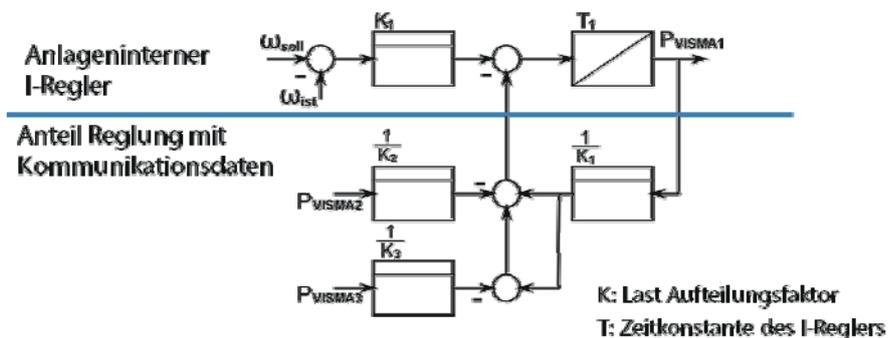


Abbildung 4: Implementierte Frequenzregelung der VISMA 1

Wenn der Schalter aus Abbildung 3 geöffnet wird ($t=2$ s) und die dezentrale Frequenzregelung zu wirken beginnt, übernehmen die einzelnen Anlagen abhängig von ihrer Reaktionsgeschwindigkeit einen Teil der Leistung (siehe Abbildung 5). Die daraus resultierende Leistungsaufteilung ist zunächst zufällig. Im rechten Teil Abbildung 5 ist die Frequenz dargestellt. Es ist zu erkennen, dass diese innerhalb weniger Sekunden ihren Sollwert erreicht und dieser gehalten wird, während die Lastaufteilung in einem kontinuierlichen Prozess über einen längeren Zeitraum erfolgt.

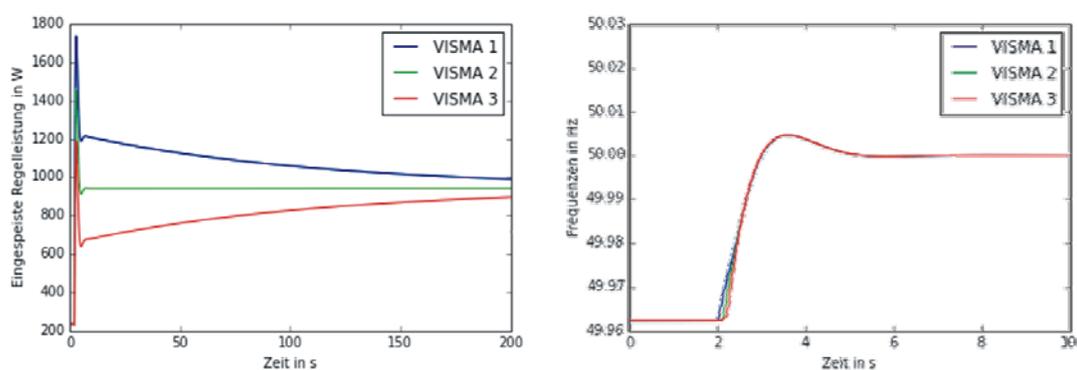


Abbildung 5: Dezentrale Lastaufteilung bei Inselnetzbildung (off grid Betrieb)
Einspeiseleistung der VISMA-Systeme (links)
Frequenz der VISMA-Systeme (rechts)

In verschiedenen Untersuchungen konnte die Robustheit dieses Regelungskonzeptes nachgewiesen werden.

Förderung: Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Projektpartner: TU-Clausthal:
- Institut für elektrische Informationstechnik (IEI)
Universität Oldenburg:
- Institut für Turbulenz, Windenergie und Stochastik(TWIST)
- Institut für Energie- und Halbleiterforschung (IEH)
- Institut für computerorientierte theoretische Physik (ISTP)

Homepage des

Forschungsverbundes: <http://www.smartnord.de>

Bearbeiter: Mehrnaz Anvari (TWIST)
Yong Chen (IEE)
Timo Dewenter (ISTP)
Wiebke Heins (IEI)
Gerald Lohmann (IEH)
Christoph Norrenbrock (ISTP)
Florian Pöschke (IEE)
Katrín Schmietendorf (TWIST)
Benjamin Werther (IEE)

Projektleiter des TP: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
info@iee.tu-clausthal.de