

Forschungsprojekt Grid4Regio

## Dezentralität im Verteilnetz stärken

Der Zuwachs an erneuerbaren Energien und neuen Lasten im Verteilnetz stellt nicht nur den Betrieb der Nieder- und Mittelspannungsnetze vor umfangreiche Herausforderungen. Die Zeiten pro Jahr, in denen überschüssige Energie in die Netze der Hoch- und Höchstspannung »hochgeschoben« wird, steigen kontinuierlich an. Genau hier setzt das Forschungsprojekt Grid4Regio an, das im Projektzeitraum von November 2020 bis März 2023 bearbeitet wurde. Es leistet wichtige Pionierarbeit zur Erhöhung der Netzkapazität für erneuerbare Energien und zur Entlastung der höheren Spannungsebenen. Durch Trennstellenverlagerungen in der Mittelspannungsebene können in benachbarten Netzen Netzabschnitte neu zugeordnet werden. So kann etwa temporär einem Netz mit einem Überschuss an erneuerbarer Energie eine zusätzliche Last zugeordnet werden, wodurch die überlagerte Spannungsebene entlastet wird. Das Projekt zeigt, wie die Mittel- und Hochspannungsebene in Zukunft kooperieren können, um sich den wandelnden Erzeugungs- und Laststrukturen anzupassen.



*Der Einsatz fortschrittlicher Technologien sichert die optimale Nutzung und Auslastung der Anlagen und Betriebsmittel* Bildquelle: e-netz Süd Hessen AG

Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen und die Integration dezentraler Energieanlagen (DEA) sowie den Übergang zur Elektromobilität zu erleichtern, ist ein Ausbau der Übertragungsnetze (ÜN) und der Verteilnetze (VN) notwendig. In Deutschland sind dabei vor allem Mittelspannungsnetzbetreiber betroffen, da der Großteil der DEA in der Mittelspannungsebene (MS-Ebene) installiert ist [1].

Im Forschungsprojekt Grid4Regio wurde untersucht, wie eine optimierte Nutzung der vorhandenen Netzinfrastruktur zur Erhöhung der Netzaufnahmefähigkeit von DEA und damit zu einer verzögerten Notwendigkeit des Netzausbaus führen kann. Es wurde sowohl in der Theorie als auch in der Praxis gezeigt, dass durch flexible und einfache betriebliche Lösungen eine optimierte regionale Nutzung des erzeugten Stroms erfolgen kann, was zu einer Reduzierung der zurückgespeisten Energie führt.

### Reale Netze für eine Pilotuntersuchung

Der Grundansatz in Grid4Regio lässt sich wie folgt zusammenfassen: Benachbarte MS-Netze mit vorhandenen Kuppelmöglichkeiten sollen zukünftig dazu verwendet werden, um Last- oder Erzeugungszonen bedarfsgerecht von einem Netzgebiet zu einem anderen zu schalten. Solche Kuppelmöglichkeiten sind vor allem in vielen historisch gewachsenen Netzen vorhanden. Diese werden jedoch in der Regel ausschließ-

David Petermann, Projektleiter, e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt  
 Christian R. Hein, Projektmanager, e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt  
 Kerstin Lerchl-Mitsch, Projektcontrollerin, e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt  
 Nicole Büchrau, Projektmanagerin, e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt  
 Achraf Kharrat, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fachgebiet Elektrische Energieversorgung unter Einsatz erneuerbarer Energien (E5), Technische Universität (TU) Darmstadt  
 Marcel Böhringer, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fachgebiet E5, TU Darmstadt  
 Prof. Dr.-Ing. Jutta Hanson, Leiterin des Fachgebiets E5, TU Darmstadt  
 Lars Weispfenning, Darmstädter Forschungsgruppe für Nachhaltige Energiesysteme (daFNE), Hochschule Darmstadt  
 Prof. Dr. Ingo Jeromin, daFNE, Hochschule Darmstadt  
 Prof. Dr. Athanasios Krontiris, daFNE, Hochschule Darmstadt

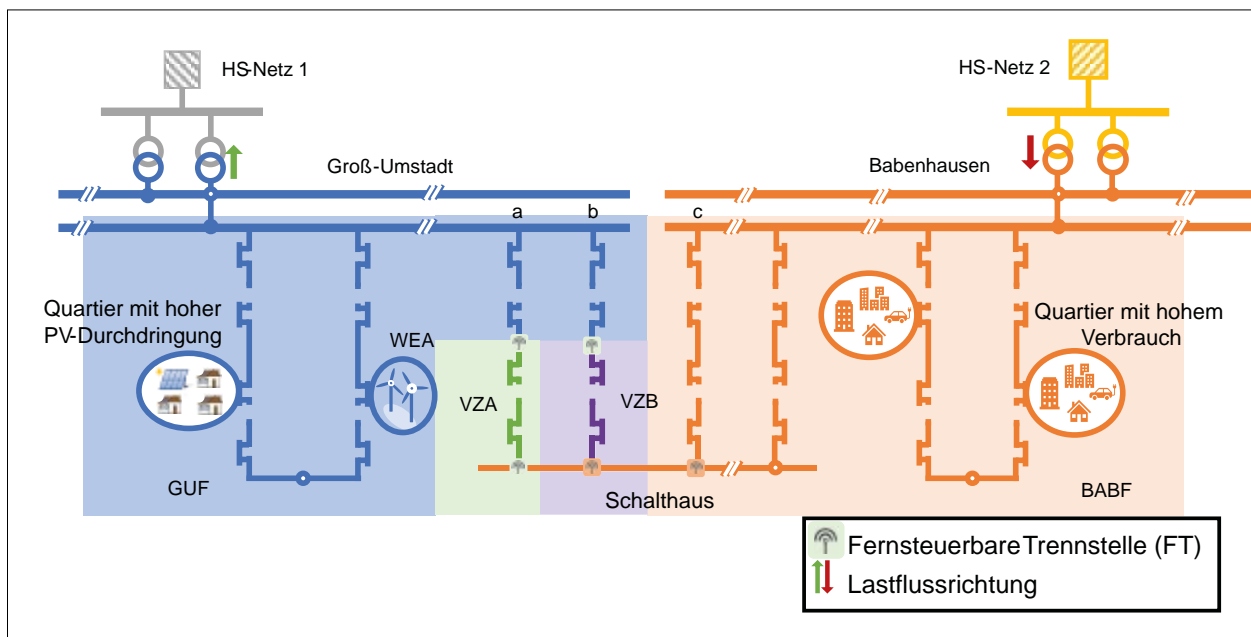


Abbildung 1. Vereinfachte Darstellung der betrachteten Netzgebiete Babenhausen und Groß-Umstadt sowie der vier definierten Zonen (basierend auf [2])

lich für besondere Betriebszustände, etwa bei Wartungsarbeiten, genutzt.

Um diesen Ansatz zu untersuchen, wurden die ländlichen Regionen Groß-Umstadt (GU) und Babenhausen (BAB) ausgewählt. Die benachbarten Netzgebiete befinden sich im 20-kV-Netz der e-netz Süd Hessen und bieten ideale Feldtestbedingungen. Kuppelmöglichkeiten zwischen den beiden Netzen existieren bereits und wurden um fernsteuerbare Trennstellen erweitert. Diese Kuppelmöglichkeiten sollen nun verwendet werden, um den Betriebspunkt dauerhaft flexibel umstellen zu können.

Die Netzgebiete Groß-Umstadt und Babenhausen können unter Berücksichtigung der installierten Erzeugungsanlagen und angeschlossenen Lasten jeweils als Erzeugungs- und als Lastgebiet kategorisiert werden. Diese Gebiete wurden im Rahmen des Projektes in vier Zonen unterteilt: zwei feste Zonen sowie zwei variable Zonen VZA und VZB, die mittels der fernsteuerbaren Trennstellen flexibel zwischen den festen Zonen umgeschaltet werden können. Eine vereinfachte Darstellung der Struktur dieser Netzgebiete zeigt *Abbildung 1*.

Basierend auf vorhandenen Messdaten und generischen Zeitreihen für die installierten Lasten und Er-

zeugungsanlagen wurde eine Umschaltstrategie für die Zonen VZA und VZB entwickelt. Mit dieser Strategie wurde die Netztopologie nach den folgenden Kriterien optimiert:

- Maximale regionale Nutzung der erzeugten Energie
- Keine Grenzwertverletzungen
- Möglichst geringe Verluste
- Möglichst einfaches Schutzkonzept
- Möglichst geringer Aufwand für die Querverbundleitstelle (QVL)

Insbesondere bei der Überprüfung der Grenzwertverletzungen wurde der Übergangszustand bei einer Umschaltung untersucht. Dazu wurde der gekoppelte Schaltzustand der Netze modelliert und die resultierenden Ausgleichsströme analysiert. Es konnte simulativ gezeigt werden, dass diese Ströme für den betrachteten Fall den sicheren Netzbetrieb nicht gefährden. Für andere Systeme können sie jedoch kritisch sein und sollten bei der Planung ähnlicher Umschaltungen berücksichtigt werden [2].

Die Simulationsergebnisse für ein Referenzjahr zeigten, dass die flexible Umschaltung in den windintensiven Perioden zwischen Oktober und März die ins Hochspannungsnetz zurückgespeiste Energie signifikant reduzieren kann. Die Reduktion liegt in diesen Monaten zwischen 20%

und 42%. Im gesamten Jahr kann diese bis zu 20% reduziert werden. Weiterhin implizieren die Umschaltungen eine Reduktion der Erzeugungsspitzen im einen Netzgebiet und die Lastspitzen im anderen, was für den Netzbetreiber eine Erhöhung der Netzaufnahmekapazität sowie eine Verzögerung der Netzausbau-notwendigkeit bedeutet [2].

Die entwickelte Umschaltstrategie wurde in Feldtests umgesetzt. Davor wurden Schulungen und Workshops mit den Mitarbeitern der QVL durchgeführt, um eine reibungslose Durchführung der Umschaltungen zu garantieren und die Versorgungszuverlässigkeit nicht zu gefährden.

### Trainingsimulator zur Schulung der Energiewende

Die QVL der e-netz Süd Hessen ist für den Betrieb der Energienetze in der Region zuständig und besitzt für diese die Schaltheite. Zur Erfüllung aktueller und zukünftiger Herausforderungen, die im Rahmen der Überwachung und Steuerung der Netze auftreten können, werden die Mitarbeiter der QVL geschult. Die Erweiterung des Netzleitstellensimulators (Netztrainingsimulator, NTS) im Projekt Grid4Regio ermöglichte die Konzeption und Erprobung von Schulungsaufgaben zum Thema

## Die Projektpartner

Die e-netz Süd Hessen AG ist als Verteilnetzbetreiberin und Konsortialführerin an dem Projekt Grid4Regio beteiligt. Ein wesentliches Ziel von ihr ist die langfristige Ausrichtung auf den Umbau der Verteilnetze zur Entlastung der Übertragungsnetze sowie die Weiterentwicklung bestehender Infrastruktur aus bisherigen Forschungsprojekten.

Die wissenschaftliche Begleitung erfolgte durch das Fachgebiet »Elektrische Energieversorgung unter Einsatz Erneuerbarer Energien« (Fachgebiet E5) der Technischen Universität Darmstadt und der Darmstädter Forschungsgruppe für Nachhaltige Energiesysteme (daFNE) der Hochschule Darmstadt. Die gewonnenen Erkenntnisse im Projekt, insbesondere im Bereich der Netzausbauvermeidung und der Reduktion von Netzverlusten, werden in Lehre, Schulung und Forschung transferiert und angewendet.



*Durch die Digitalisierung der Kommunikationstechnik geht die e-netz Süd hessen einen entscheidenden Schritt in Richtung Smart Grid*

Bildquelle: e-netz Süd hessen AG

Smart Grids, die für die Schaltmeister zukunftsweisend sein können.

Die Hochschule Darmstadt betreibt einen NTS und setzt diesen im Lehr-, Schulungs- und Forschungsbetrieb ein. Genutzt wird der auf Eigenentwicklung basierende Simulator sowohl von Studierenden, wissenschaftlichem Personal im Forschungsbetrieb als auch Fachkräften aus der Energie- und Netzwirtschaft im Kontext regelmäßig veranstalteter Schulungen.

Das NTS besteht aus einem SCADA-Leitsystem und einem Simulator, der die Messwerte aus dem Netz ersetzt und dem Leitsystem übergibt. Ein Arbeitsplatz, dargestellt in *Abbildung 2*, besteht aus zwei gekop-

pelten Computern mit mehreren HMI (Human Machine Interface).

Die HMI können verschiedene Informationen wie bspw. die Topologie, Messkurven oder Details zu Transformatoren anzeigen. Die kontinuierliche Berechnung der Messwerte des Simulators ermöglicht eine dynamische Betrachtung von Schalthandlungen oder Fehlerfällen (etwa Erd- oder Kurzschluss), die durch den Trainer eingespielt werden können und durch die Bediener lokalisiert werden müssen. Im Rahmen von Grid4Regio wurde der NTS weiterentwickelt, um dezentrale Netzstrukturen, wie die oben beschriebene, abzubilden. Mit dem Ziel, eine große Übertragbarkeit auf

viele Regionen in Deutschland zu erlangen, orientieren sich die implementierten Topologien (ländlich und städtisch) an den in [3] beschriebenen Parametern.

Die im NTS implementierten Lastprofile sind von im Projekt ermittelten Lastflüssen sowie Verbrauchs- und Erzeugungsstrukturen abgeleitet, auf deren Basis zusätzlich verschiedene Fahrpläne für realistische Szenarien (etwa Hochlast und viel Erzeugung durch Windkraft) entwickelt wurden.

Da eine große Zahl der Ortsnetzstationen fernwirktechnisch nicht angebunden ist, liegt der Fokus des entwickelten Schulungsprogrammes auf klassischen, nicht automatisierten Schalthandlungen. In Verbindung mit den zwei gekoppelten Leitsystemen an einem Arbeitsplatz können so Schaltgespräche zwischen Schaltmeister und Techniker vor Ort im Schaltheus trainiert werden.

Als Herausforderungen für das Training wurden das Erkennen von Schaltmöglichkeiten sowie das Prüfen aller Voraussetzungen für eine sichere Schalthandlung ausgemacht. In verschiedenen Trainingsübungen werden die Schaltmeister in der zweitägigen Schulung darin trainiert, Lasten und Leitungsauslastungen vor und nach der Umschaltung zu quantifizieren sowie die Schaltmöglichkeiten zu erkennen. Der NTS bietet so die Möglichkeit, risikolos, kostengünstig und realitätsnah trainieren zu können.

## Ergebnisse der Feldtests

Um die Simulationsergebnisse mit eigens erhobenen Primärdaten zu validieren, wurde zunächst ein Feldtestablauf definiert und mit der QVL der e-netz Süd hessen besprochen. Bei der Erstellung des Feldtestablaufplans wurde darauf geachtet, dass die festgelegten Rahmenparameter kompatibel mit den täglichen Aufgaben der QVL waren.

Für die Durchführung der Feldtests mit Umschaltungen wurden die Zeiträume vom 13.12.2022 bis 16.12.2022 sowie 11.01.2023 bis 13.01.2023 festgelegt, in denen die Trennstellenverlagerungen mittels Fernwirktechnik durchgeführt werden sollten. Voraussetzung für den Feldtest war eine absehbar hohe Er-



Abbildung 2. Ein Arbeitsplatz des Netztrainingssystems mit mehreren Monitoren und sechs HMI mit unterschiedlichen Darstellungen (etwa Topologie, Messkurven)

Bildquelle: Hochschule Darmstadt

zeugung durch Windkraft- und Photovoltaikanlagen, wofür ein eigenes Prognosemodell aufgebaut wurde. Die Umsetzung der Schalthandlungen erfolgte durch die Schaltmeister der QVL im Schaltmeldungsprogramm und nach telefonischer Rücksprache mit dem Hochspannungsnetzbetreiber. Am Ende der definierten Zeiträume wurde der Normalschaltzustand durch die Schaltmeister wiederhergestellt und alle damit verbundenen Schalthandlungen aufgehoben.

Im Zuge der Auswertung der Feldtestergebnisse wurden die in den Feldtests erhobenen Messwerte analysiert und mit dem Ausgangszustand verglichen. Bei der Auswertung lag einer der Schwerpunkte auf den Netzzurückwirkungen, welche durch die Schalthandlungen hervorgerufen worden waren.

Die erhobenen Messdaten zeigen, dass durch die Trennstellenverlagerung der Verbrauch der regenerativ erzeugten Energie in den Speisebereichen erhöht wurde. Die höhere Einspeisung der Windkraft im zweiten Testzeitraum verstärkte diesen Effekt, weshalb vor allem hier die positiven Rückkopplungseffekte zu beobachten waren. Eine Detailanalyse des Feldtestzeitraums zeigt hier positive Effekte der Lastenglättung in Verbindung mit einem ausgeprägten Demand-Side-Management. Durch eine Verkürzung der Schaltzeiten ließe sich dieser Effekt noch weiter verstärken. Dem gegenüber steht jedoch der gesteigerte Aufwand bei der QVL durch die größere Anzahl an Schalthandlungen.

Der Nutzen der durchgeführten Schalthandlungen steht in direkter Korrelation mit den Ergebnissen der Prognosemodelle der erneuerbaren Energien sowie Lasten. Je geringer die Differenz zwischen der Prognose und der Ist-Menge ausfällt, desto besser können gezielte Schalthandlungen zu einer Maximierung der regionalen Nutzung der erneuerbaren Energien sowie einer Minimierung der Verluste führen.

Durch die Globalstrahlungs- und Windprognosen kann die Erzeugungslast mit einer hohen Genauigkeit vorhergesagt werden. Im Rahmen des Prognosemodells, aber auch bei der allgemeinen Schaltempfehlung, müssen die bestehende Netztopologie sowie die installierten Betriebsmittel dauerhaft analysiert werden. Eine signifikante Veränderung der installierten Betriebsmittel kann dazu führen, dass die Schaltstrategie neu überdacht werden muss.

### Fazit und Ausblick

Die theoretischen Untersuchungen, in dem aus Mitteln des IWB-EFRE Programms Hessen unterstützten Projekt Grid4Regio, zeigen, dass die erzeugte Energie durch strategische Umschaltungen von flexiblen Teilabgängen zwischen benachbarten Mittelspannungsnetzen in der Erzeugungsregion verbraucht werden kann. Die ins Hochspannungsnetz zurückgespeiste Energie könnte in Groß-Umstadt in den windintensiven Monaten zwischen 20 % und 42 % reduziert werden.

Die Idee des Forschungsprojektes Grid4Regio kann grundsätzlich in einem großen Teil der existierenden Mittelspannungsnetze eingesetzt werden. Die Reduktion der in das Hochspannungsnetz gespeisten Energie durch solche Umschaltungen ist allerdings stark von den installierten Betriebsmitteln, Anlagen und Verbrauchern abhängig.

### Literaturhinweise:

- [1] Bundesnetzagentur (2019). EEG in Zahlen 2019. [Online]. Zugriff unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/start.html>
- [2] Kharrat, A.; Böhringer, M.; Hanson, J.; Weispfenning, L.; Krontiris, A.; Jeromin, I.; Petermann, D.; Büchau, N., Increasing the Renewables' Hosting Capacity by Topology Optimization of Neighboring Medium Voltage Grids, CIRED 2023 International Conference & Exhibition on Electricity Distribution, Rom, Italien, 12-15 Juni 2023.
- [3] Meineck S.; et al., 2020 »Sim-Bench—A Benchmark Dataset of Electric Power Systems to Compare Innovative Solutions Based on Power Flow Analysis«, Energie, vol. 13, 3290.

[www.e-netz-suedhessen.de](http://www.e-netz-suedhessen.de)

[www.e5.tu-darmstadt.de](http://www.e5.tu-darmstadt.de)

[www.eit.h-da.de/dafne](http://www.eit.h-da.de/dafne)