

## Forschungsprojekt Grid4Regio

# Strom regional erzeugen und verbrauchen

Das Forschungsprojekt Grid4Regio zeigt, wie regenerativ erzeugter Strom regional genutzt werden kann. Durch Trennstellenverlagerung in der Mittelspannungsebene können benachbarte Netzabschnitte Leistung direkt austauschen. Damit kann die überlagerte Spannungsebene entlastet werden. Vorhandene Infrastruktur lässt sich so in Verbindung mit Messtechnik optimiert nutzen. Das Projekt zeigt, wie die Mittel- und Hochspannungsebenen in Zukunft kooperieren können, um sich den wandelnden Erzeugungsstrukturen anzupassen.

Die installierte Leistung von Windenergie- und Photovoltaikanlagen nimmt in der Nieder- und Mittelspannungsebene gegenüber der Hoch- und Höchstspannungsebene zu [1]. Diese sich ändernden Erzeugungsstrukturen mit den zusätzlichen Herausforderungen wie der Fluktuation, erfordern innovative Lösungen.

Im Forschungsprojekt Grid4Regio wird ein intelligentes Konzept entwickelt, um Strom aus Wind- und Sonnenenergie regional und möglichst umfassend vor Ort nutzen zu können. Bei der Verteilung soll das überlagerte Hochspannungsnetz nicht zusätzlich belastet werden, sondern es soll durch strategische Umschaltungen eine gesteuerte Leistungsverteilung über die Mittelspannungsebene stattfinden. Dabei sollen bereits existierende benachbarte Netzabschnitte flexibel im Regelbetrieb umgeschaltet und dementsprechend von dem benachbarten Mittelspannungsnetz mit Erzeugungsüberschuss versorgt werden. Hierfür ist die Entwicklung von Umschaltstrategien notwendig. Diese werden im Rahmen des Forschungsprojekts Grid4Regio im Netzgebiet Groß-Umstadt/Babenhausen bei Darmstadt umgesetzt und ausgewertet.

### Grid4Regio in der Region Groß-Umstadt/Babenhausen

Die Region Groß-Umstadt/Babenhausen wurde im Forschungsprojekt für einen Feldtest ausgewählt. Diese Orte liegen geografisch nah beieinander und werden von zwei benachbarten 20-kV-Netzen der e-netz Süd Hessen AG versorgt. Koppelmöglichkeiten zwischen den beiden Netzen bestehen zwar bereits, wurden allerdings bisher nur für Sonderbetriebsfälle verwendet, beispielsweise bei Bauarbeiten in einer Strecke. Diese Koppelmöglichkeiten sollen nun verwendet

werden, um den Betriebspunkt flexibel einzustellen und damit den in dem Versorgungsgebiet erzeugten Strom vor Ort direkt zu verbrauchen. Das Netzgebiet Groß-Umstadt und das Netzgebiet Babenhausen können unter Berücksichtigung der installierten Erzeugungsanlagen und der angeschlossenen Lasten jeweils als Erzeugungs- und als Lastgebiet kategorisiert werden.

Die betrachteten Gebiete lassen sich grundsätzlich in vier Zonen aufteilen (**Bild 1**): zwei fixe Zonen jeweils in Babenhausen (BABF) und in Groß-Umstadt (GUF) sowie zwei variable Zonen VZA und VZB, die flexibel durch fünf fernsteuerbare Trennstellen (FT) umgeschaltet werden können. Von der Zone VZA werden sieben Ortsnetzstationen (ONS) mit einer maximalen Gesamtlast von 0,5 MW und einer installierten PV-Leistung von 0,13 MWp versorgt. Aus VZB werden 22 Ortsnetzstationen mit einer maximalen Gesamtlast von 2,4 MW und einer installierten PV-Leistung von 2,3 MWp versorgt. Im normalen Betrieb werden VZA von GUF und VZB von BABF versorgt. Diese Konstellation wird als Basis- beziehungsweise Referenztopologie für die Untersuchungen angenommen (UM-0 in **Bild 2**).

Für die Entwicklung und Analyse der Umschaltstrategien wurden die 20-kV-Netze der betrachteten Gebiete im Netzberechnungsprogramm PowerFactory aufgenommen und mit Zeitreihen für die einzelnen Lasten und Erzeugungsanlagen erweitert. Dabei wurden für ein exemplarisches Jahr bereits vorhandene Messdaten eines regionalen Windparks, Sonneneinstrahlungswerte für Groß-Umstadt und Babenhausen aus PVGIS [2] sowie Lastskalierungsfaktoren aus den Benchmark-Netzen des Forschungsprojekts SimBench [3] verwendet. Diese

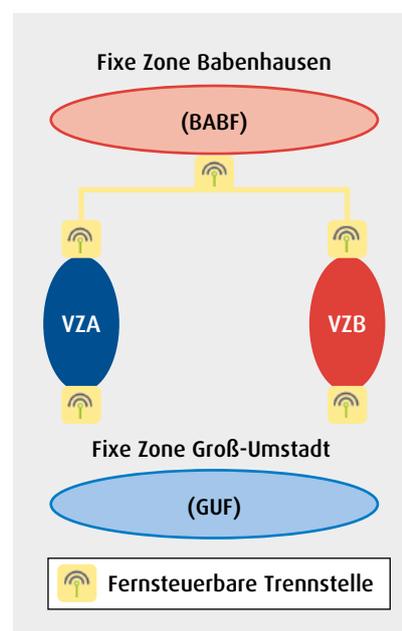


Bild 1. Vereinfachte Darstellung der betrachteten Netzgebiete Groß-Umstadt/Babenhausen

Daten dienen zur besseren Veranschaulichung der Lastflusssituationen in den betrachteten Gebieten.

Die Analyse der Netzmodelle zeigt, dass aktuell zwei Topologien (UM-0 und UM-1) für das Projekt von Relevanz sind (**Bild 2**). Die Auswertung der möglichen Topologien basiert auf folgenden Kriterien:

- maximale regionale Nutzung der erzeugten Energie
- keine Grenzwertverletzungen
- möglichst geringe Verluste
- möglichst einfaches Schutzkonzept.

Zeitreihenbasierte Lastflussberechnungen zeigen, dass für den Normalbetrieb UM-0 ein Erzeugungsüberschuss von rund 4 700 MWh im Jahr in Groß-Um-

stadt auftritt. Der Energieüberschuss tritt vor allem während der Windperioden auf, die in den windintensiven Monaten mehrere Stunden bis mehrere Tage dauern können und die über die Hochspannungsebene weiter transportiert werden muss. Es hat sich gezeigt, dass die flexible Umschaltung zu UM-1 in den windintensiven Perioden die exportierte Energie auf 3 850 MWh im selben Jahr reduzieren kann. Dies entspricht einer Reduktion um rund 20 % der exportierten Energie bei der Versorgung über UM-0. Da eine so häufige manuelle Umschaltung nicht realisierbar und eine automatisierte Umschaltung (Aut. UM) aktuell nicht möglich ist, wurden weitere Umschaltenszenarien untersucht, in denen eine Umschaltung nur in bestimmten Umschaltintervallen (UM Int) durchführbar ist, nämlich alle 6, 8, 12 oder 24 Stunden. Hierbei wird auch der Schichtwechsel in der Leitstelle berücksichtigt. Die Simulationsergebnisse der monatlich exportierten Energie in Groß-Umstadt für die einzelnen Umschaltenszenarien sowie die monatlich erzeugte Windenergie in Groß-Umstadt sind in **Bild 3** zusammengefasst. Die in das Hochspannungsnetz gespeiste Energie kann weiterhin insgesamt um 15,7 % bis 18,3 % im betrachteten Jahr reduziert werden. Dies ist besonders in den windstarken Monaten Oktober bis März zu beobachten.

Die Simulationsergebnisse werden im nächsten Schritt mit einem Feldtest validiert. Hierfür werden gezielte Umschaltungen in den nächsten Windperioden durchgeführt und ausgewertet. Die Um-

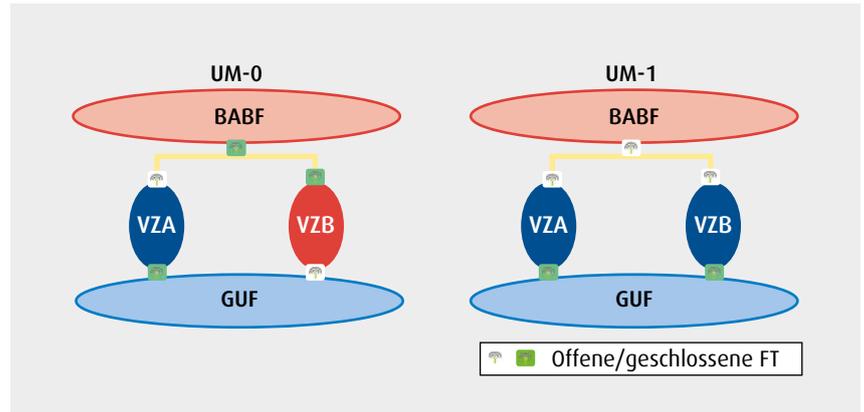


Bild 2. Vereinfachte Darstellung der Versorgungsgebiete für die Topologien UM-0 (links) und UM-1 (rechts)

schaltintervalle und -zeitpunkte werden basierend auf den Wetterprognosen sowie nach Absprache mit der Querverbundleitstelle (QVL) der e-netz Südhesen AG bestimmt.

### Trainingssimulator zur Schulung im Bereich Smart Grid

Die QVL ist für die Überwachung und Steuerung der Energienetze zuständig und besitzt die Schalthoheit für die Netze. Die Mitarbeiter der QVL werden hinsichtlich der neuen Herausforderungen für den Betrieb, die die Energiewende mit sich bringt, geschult. Mit der Erweiterung des Netzleitstellensimulators im Projekt Grid4Regio sind Schulungen für die Schaltmeister zum Thema Smart Grid zukunftsweisend.

Die Hochschule Darmstadt betreibt derzeit einen auf Eigenentwicklungen

basierenden Netzleitstellensimulator (Netztrainingssystem), der im Lehr-, Schulungs- und Forschungsbetrieb eingesetzt wird. Neben den Studierenden und dem wissenschaftlichen Personal an der Hochschule nutzen auch Fachkräfte aus der Energie- und Netzwirtschaft im Rahmen regelmäßig stattfindender Seminare das Trainingssystem.

Im Rahmen des Projekts findet eine Weiterentwicklung des Netztrainingssystems statt, um dezentrale Netzstrukturen, wie das oben beschriebene, im System abbilden zu können. Dazu werden dezentrale Netzverknüpfungspunkte in der Mittelspannungsebene, wie diejenigen zwischen Groß-Umstadt und Babenhausen, implementiert. In diesem Rahmen kann eine Modellregion im Netztrainingssystem simuliert und visualisiert werden, die die typischen Struk-

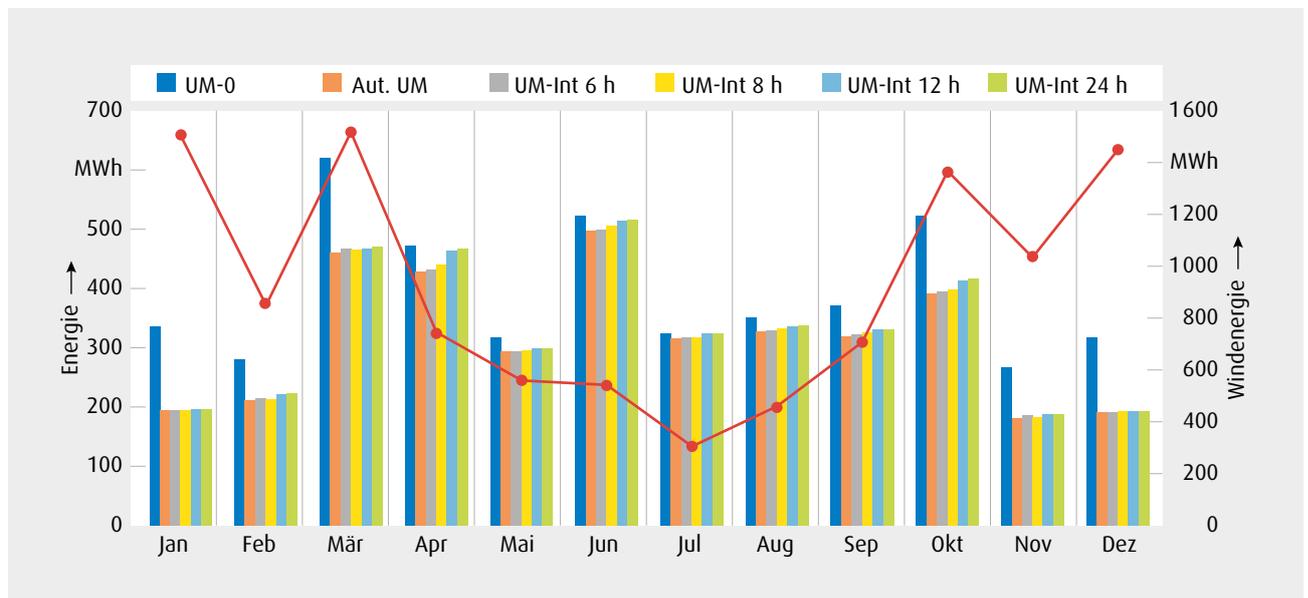


Bild 3. Monatlich exportierte Energie in Groß-Umstadt für ausgewählte Umschaltintervalle (Säulendiagramm) und der monatlich erzeugte Strom aus Windenergie in Groß-Umstadt (rote Linie).

turen deutscher Mittelspannungsnetze widerspiegelt und somit auf viele Regionen übertragbar ist.

Im Projekt erfasste Lastflüsse sowie Verbrauchs- und Erzeugungsstrukturen dienen dabei der Generierung realistischer Fahrpläne für verschiedene Szenarien (zum Beispiel Hochlastzeit mit wenig Windeinspeisung, Schwachlastzeit mit viel Windeinspeisung). Das Konzept des Quartierspeichers wird ebenfalls abgebildet.

Ein weiteres Ziel ist, die abgeleiteten Netzindikatoren und die optimierten Schaltstrategien zu verwenden, um Konzepte zur Integration dieser Schaltstrategien in Verbundleitstellen im Trainingssystem gegenüberzustellen. Darauf basierend werden neu entwickelte Funktionalitäten, wie Labor- und Schulungsübungen, entwickelt, die nach Abschluss des Projekts in den Lehr- und Schulungsbetrieb einfließen.

### Projektpartner

Die e-netz Süd Hessen AG beteiligt sich in Grid4Regio als Verteilnetzbetreiberin und Konsortialführerin. Neben der Weiterentwicklung bestehender Infrastrukturen aus bisherigen Forschungsprojekten ist es ihr wesentliches Ziel, sich langfristig auf den Umbau der Verteilnetze einzustellen, um die Übertragungsnetze zu entlasten und effizienter im Umgang mit Energie zu agieren. Aufgrund der rasanten Entwicklung und fehlenden Standardisierung in der Digitalisierung bilden Forschungsprojekte einen geeigneten Rahmen, neue Lösungsansätze zu entwickeln, zu bewerten und gegebenenfalls auszurollen.

Die wissenschaftliche Begleitung wird 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 durchgeführt. Die sich durch die wissenschaftliche Begleitung ergebenden neuen, zentralen Erkenntnisse zur Vermeidung des Netzausbaus und der Minimierung der Netzverluste finden Anwendung in Lehre, Schulung und Forschung.

Das Fachgebiet E5 der Technischen Universität Darmstadt wird seit Oktober 2011 von Professorin Jutta Hanson geleitet und erforscht den Aufbau neuartiger und nachhaltiger elektrischer Energieversorgungsnetze für eine veränderte Erzeugungsstruktur zur Gewährleistung

eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs. Hierbei bringt das Fachgebiet E5 sein Wissen in der Entwicklung neuer Netzregelungskonzepte für ein elektrisches Energieversorgungsnetz mit dezentralen erneuerbaren Erzeugungseinheiten, die volatil ins Energieversorgungsnetz einspeisen, ein. Durch das Forschungsprojekt Grid4Regio werden am Fachgebiet E5 neue Möglichkeiten für die Integration erneuerbarer Erzeugungseinheiten untersucht.

Die Forschungsgruppe daFNE der Hochschule Darmstadt wurde 2020 gegründet und wird seitdem von den Professoren Ingo Jeromin und Athanasios Krontiris geleitet. Als Forschungs- und Wissenschaftseinrichtung bringt die Forschungsgruppe fachliche Kompetenzen und ein bereits bestehendes Netztrainingssystem in das Projekt ein. Das Projekt Grid4Regio bietet der Hochschule Darmstadt die Möglichkeit, den bereits vorhandenen Netztrainingssimulator auf den aktuellen Stand der Energiewende zu bringen.

### Fazit und Ausblick

Die theoretischen Untersuchungen in 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 in Groß-Umstadt kann auf bis zu 80 % reduziert werden.

Die Idee des Forschungsprojekts 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.

### Danksagung

Das Projekt Grid4Regio (EF 960 0027/2020) wird aus Mitteln des IWB-EFRE-Programms Hessen unterstützt. Die Projektpartner danken dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen für die Zuwendungen und der Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen für die freundliche Unterstützung.

### Literatur

- [1] BNetzA: Website »EEG in Zahlen 2019«. [www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/)

Unternehmen\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEGinZahlen\_2019\_BF.pdf, 2021.

- [2] Huld, T.; Müller, R.; Gambardella, A.: A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. *Solar Energy*, Vol. 86, pp. 1803-1815, Jun. 2012.
- [3] Spalthoff, C., et al.: SimBench: Open source time series of power load, storage and generation for the simulation of electrical distribution grids. *Internationaler ETG-Kongress 2019*.

>> **David Petermann** MBA,  
Projektleiter,  
e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt

Betriebswirtin (VWA)  
**Kerstin Lerchl-Mitsch**,  
Projektcontrollerin,  
e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt

**Nicole Büchau**,  
Projektmanagerin,  
e-netz Süd Hessen AG, Darmstadt

**Achraf Kharrat** M.Sc.,  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Fachgebiet Elektrische Energieversorgung  
unter Einsatz Erneuerbarer Energien (E5),  
Technische Universität Darmstadt

**Marcel Böhringer** M.Sc.,  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Fachgebiet Elektrische Energieversorgung  
unter Einsatz Erneuerbarer Energien (E5),  
Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. **Jutta Hanson**,  
Leiterin des Fachgebiets Elektrische  
Energieversorgung unter Einsatz  
Erneuerbarer Energien (E5),  
Technische Universität Darmstadt

**Lars Weispfenning** M.Sc.,  
Darmstädter Forschungsgruppe für  
Nachhaltige Energiesysteme,  
Hochschule Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. **Ingo Jeromin**,  
Darmstädter Forschungsgruppe für  
Nachhaltige Energiesysteme,  
Hochschule Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. **Athanasios Krontiris**,  
Darmstädter Forschungsgruppe für  
Nachhaltige Energiesysteme,  
Hochschule Darmstadt

- >> [david.petermann@e-netz-suedhessen.de](mailto:david.petermann@e-netz-suedhessen.de)  
[kerstin.lerchl-mitsch@e-netz-suedhessen.de](mailto:kerstin.lerchl-mitsch@e-netz-suedhessen.de)  
[nicole.buechau@e-netz-suedhessen.de](mailto:nicole.buechau@e-netz-suedhessen.de)  
[achraf.kharrat@e5.tu-darmstadt.de](mailto:achraf.kharrat@e5.tu-darmstadt.de)  
[marcel.boehringer@e5.tu-darmstadt.de](mailto:marcel.boehringer@e5.tu-darmstadt.de)  
[jutta.hanson@e5.tu-darmstadt.de](mailto:jutta.hanson@e5.tu-darmstadt.de)  
[lars.weispfenning@h-da.de](mailto:lars.weispfenning@h-da.de)  
[ingo.jeromin@h-da.de](mailto:ingo.jeromin@h-da.de)  
[athanasios.krontiris@h-da.de](mailto:athanasios.krontiris@h-da.de)

- >> [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)