



ÜBERBLICK & ERGEBNISSE

Forschungsprojekt Grid4Regio

Strom regional erzeugen und verbrauchen



PROJEKTHINTERGRUND & PROJEKTIDEE

Die EU hat ein Klimagesetz für Klimaneutralität bis 2050 verabschiedet, Deutschland strebt sogar Klimaneutralität bis 2045 an. Um diese Ziele zu erreichen, steigt die Leistung von erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen in Deutschland stetig an und führt dabei zu Herausforderungen im Stromnetz. Überschüssige Energie wird oft in höhere Spannungsebenen "hochgeschoben" und belastet das Übertragungsnetz. Bisher haben die Verteilnetzbetreiber, in deren Netzen die Energiewende größtenteils stattfindet, nur eine passive Rolle gespielt. Es gibt jedoch Diskussionen über eine stärkere Einbeziehung von Verteilnetzbetreibern zur Netzstabilisierung, insbesondere durch die Nutzung von Batteriespeichern und neuer Mess- und Regelungstechnik. Eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Verteilnetz- und Übertragungsnetzbetreibern ist zukünftig erforderlich, um die Netzstabilität langfristig zu gewährleisten.

Die traditionelle Struktur der Energieerzeugung und -verteilung mit großen Stromerzeugern wird sich ändern. Regional erzeugter Strom sollte idealerweise direkt vor Ort verbraucht werden. Genau hier setzte das Forschungsprojekt "Grid4Regio" an. Das Projekt hatte fünf Hauptziele: regionale Nutzung von erneuerbarer Energie, optimale Nutzung der vorhandenen Infrastruktur, Entlastung der übergeordneten Netze, Minimierung des Netzausbaus und Reduzierung der Verlustenergie.

In der aktuellen Praxis wird überschüssiger Strom aus regionalen Windkraftanlagen oft in höhere Netzebenen verteilt oder gar nicht erst erzeugt, wenn die Netze überlastet sind. Dies führt zu einem geringeren Anteil erneuerbarer Energien und höheren Stromkosten. Überschüssigen Strom in einer Region direkt auf der Verteilnetzebene an Verbraucher in der Nachbarregion zu liefern und nicht in die nächste Spannungsebene zu leiten, ist heute noch ein innovativer Ansatz. Obwohl damit die Ressourcen und die Infrastruktur optimal genutzt werden könnten. Damit könnten die Übertragungsnetze entlastet werden und neue attraktive neue Geschäftsmodelle entstehen.

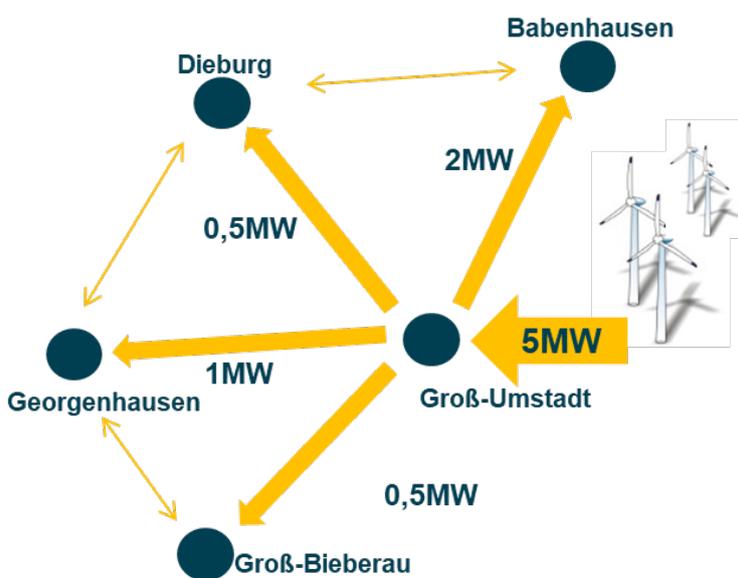
Das Projekt "Grid4Regio" hat anhand von Simulationen und Berechnungen für einen Netzabschnitt untersucht, wie möglichst viel Windenergie vor Ort genutzt werden kann. In einem Netzlabor mit Feldtest wurde die entwickelte Lösung umgesetzt und Trennstellen auf der Mittelspannungsebene verschoben. Bei lokalem Energieüberschuss wurde Last aus dem Nachbarnetz zugeschaltet, um die erneuerbar erzeugte Energie regional zu nutzen. Das Übertragungsnetz wurde entlastet, Übertragungsverluste minimiert und vorhandene Infrastruktur optimal genutzt. Mit den entwickelten Techniken und Systemen könnten in Zukunft Abschaltungen von erneuerbaren Energiequellen und das Hochspeisen ins 110-kV-Übertragungsnetz mehrere Wochen pro Jahr vermieden werden.

PROJEKTHINTERGRUND & PROJEKTIDEE:

Die Energiewende erfordert die Umgestaltung und Modernisierung der Stromnetze. Strom, der in der regional erzeugt wird, soll zunächst vor Ort verbraucht werden. Dies wurde im Projekt Grid4Regio durch Trennstellenverlagerungen im Stromnetz möglich.

DAS NETZLABOR IN DER MODELLREGION

Für das Projekt "Grid4Regio" wurde der Windpark Binselberg in Groß-Umstadt ausgewählt, um die technische Machbarkeit zu bewerten. Das dort entstandene Netzlabor liegt in einer Windvorrangzone, die Windkraftanlagen speisen in die Mittelspannungsebene ein. In unmittelbarer Nähe dazu befindet sich eine Solarsiedlung mit Quartierspeicher, der mit überschüssigem Strom der Windkraftanlagen beladen werden kann und den Haushalten den Strom zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung stellt. Weiterhin überschüssige Energie wird dann auf der Mittelspannungsebene in benachbarte Speisebereiche nach Babenhausen abgegeben.



Hierfür müssen die benachbarten Verteilnetze in der Lage sein je nach Stromangebot die Struktur zu ändern. Dafür war es notwendig die Stromflussrichtung an den Übergabepunkten zu messen und mit fernsteuerbaren Lasttrennschaltern auszustatten. Eine gründliche Untersuchung der Netztopologie sowie der Netz- und Betriebsmitteldaten des Netzlabors in Groß-Umstadt und den angrenzenden Bereichen war erforderlich. Diese Untersuchungen umfassten den Normal-schaltzustand, mögliche

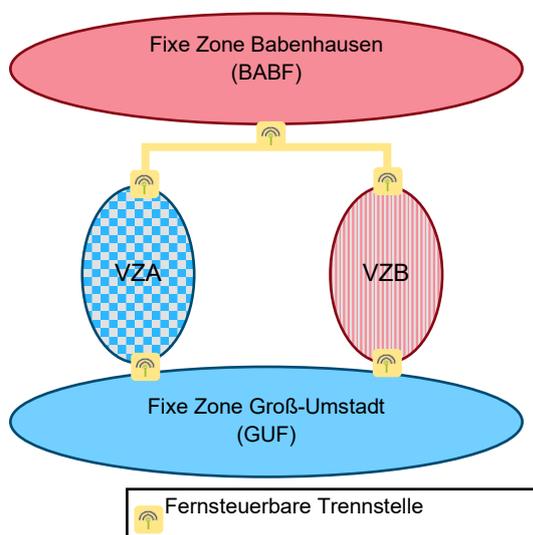
Kupplungsoptionen, Leistungsdaten der Umspannanlagen sowie der Windkraft- und Photovoltaikanlagen. Ebenfalls berücksichtigt wurden dabei Wetterprognosen, spezifische Verbrauchskurven und die spezielle Netzarchitektur.

Das Projekt "Grid4Regio" testete neue Energiemanagement-Methoden, bei denen mehr regional erzeugte Energie direkt verbraucht wird und erneuerbare Energien in der Region durch aktive Verteilnetze gefördert werden.

ANALYSE UND BEWERTUNG DER MODELLREGION

Bevor ein Feldtest durchgeführt werden konnte, waren zunächst umfangreiche Analysen und Bewertungen notwendig. Für die technische Analyse und Bewertung wurden Lastfluss, Verbrauchs- und Erzeugungsstrukturen sowie Netzdaten und historische Lastverläufe ermittelt und berechnet. Die bestehende Kommunikationsinfrastruktur, die eine tägliche Messwerterfassung ermöglicht, war ebenfalls ein wesentlicher Bestandteil der Ist-Aufnahme. Die Daten wurden von der Technischen Universität Darmstadt (TUD) für theoretische Untersuchungen und Modellierungen verwendet.

Die benachbarten Netzgebiete, alle im 20-kV-Netz der e-netz Süd Hessen AG, boten ideale Testbedingungen. Zwar gab es schon Verbindungen zwischen den beiden Netzgebieten, aber sie wurden hauptsächlich für spezielle Betriebsfälle wie Bauarbeiten verwendet. Nun sollten diese Verbindungen genutzt werden, um den Betriebspunkt dauerhaft flexibel zu gestalten.



Zur Ableitung einer Umschaltstrategie wurde das untersuchte Gebiet in vier Zonen aufgeteilt. Zwei feste Zonen befanden sich jeweils in Babenhausen und Groß-Umstadt, während zwei variable Zonen flexibel durch fünf fernsteuerbare Trennstellen umgeschaltet werden konnten. Zur Analyse und Auswertung aller resultierenden Topologien hat die TUD die nachfolgenden theoretischen Untersuchungen durchgeführt.

DAS NETZLABOR IN DER MODELLREGION:

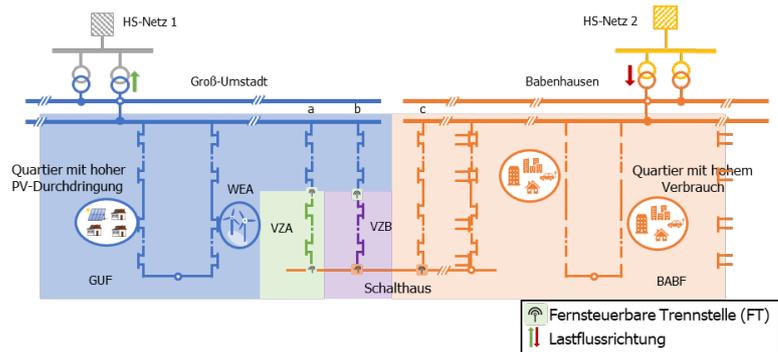
Für eine praxisnahe Untersuchung etwaiger Strategien auf der Mittelspannungsebene wurde die Region Groß-Umstadt/Babenhausen ausgewählt. Rund um den Windpark Binselberg entstand das Grid4Regio Netzlabor. Verbaut wurde neuartige Technik zur Messung der Stromflussrichtung an den Übergabepunkten und zur Steuerung des Stromflusses mit fernsteuerbaren Lasttrennschaltern.

THEORETISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die TUD hat im Rahmen des Projekts "Grid4Regio" wichtige theoretische Untersuchungen durchgeführt, um zu verstehen, wie Umschaltungen von Netzgruppen auf der Mittelspannungsebene (Verteilnetzebene) die regionale Nutzung von erneuerbaren Energien optimieren können. Solche Umschaltungen führen zu Änderungen in der Netztopologie und haben Auswirkungen auf die Betriebsmittel, Spannungslevel, Netzverluste und Kurzschlussströme. Deshalb ist es wichtig, mögliche Topologien zu identifizieren und auszuwerten, um sicherzustellen, dass jede Umschaltung zu keinen unzulässigen Betriebspunkten führt.

Zur Bestimmung der Kriterien für unzulässige Betriebspunkte wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Um sicherzustellen, dass die Betriebsgrenzen eingehalten werden, wurden Analysen mit Hilfe eines Python-Programms durchgeführt. Hierbei wurde speziell geprüft, welche Abgangslänge, Anzahl von Ortnetzstationen und Gesamtleistung der installierten Verbraucher akzeptabel sind, um das Spannungsband und die thermischen Grenzen der Leitungen einzuhalten. Dabei wurden die geringe Entfernung der Mittelspannungsnetze, die Existenz bereits bestehender Infrastrukturen oder die Möglichkeit, eine neue Kupplung mit minimalen Kosten zu realisieren sowie die Heterogenität der Versorgungsgebiete als entscheidende Kriterien festgelegt.

Im Kontext des Projekts "Grid4Regio" wird betont, dass eine geringe Entfernung der Mittelspannungsnetze typischerweise eine kurze Abgangslänge impliziert, was vorteilhaft sein kann, um geringe Spannungsabweichungen zu gewährleisten. Bereits bestehende Kupplungsstellen im Netz ermöglichen dem Netzbetreiber, den Betrieb zu optimieren und Kosten zu senken. Die Heterogenität der Gebiete ist eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg des Projekts, da diese Ungleichgewichte zwischen benachbarten Netzen ausgleichen.



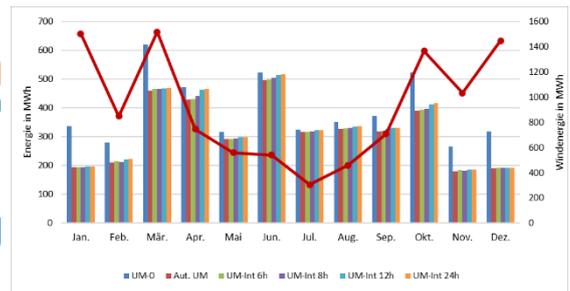
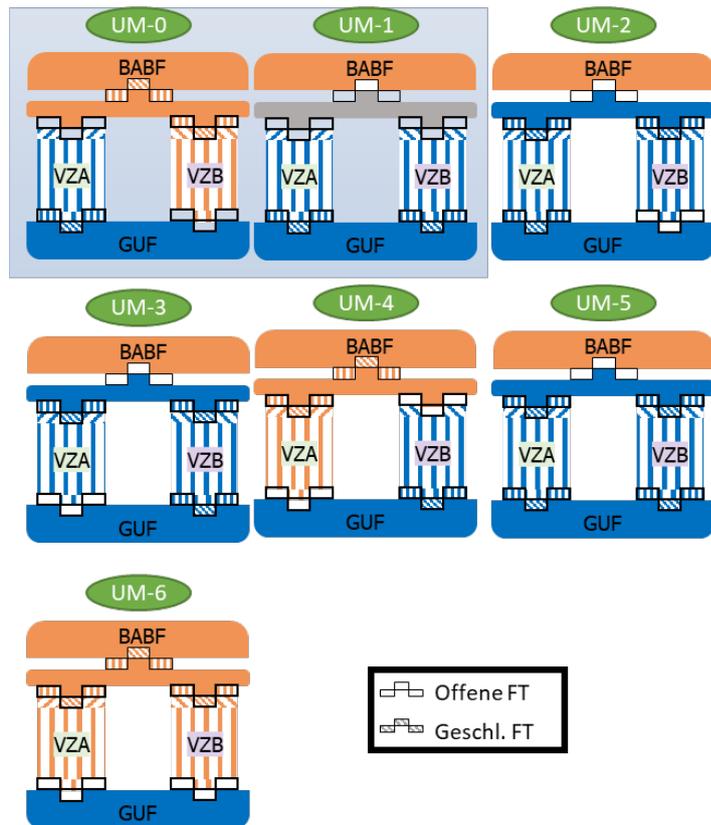
Zur Unterstützung dieser Arbeit wurde ein Netzmodell in der Netzberechnungssoftware Powerfactory von DigSILENT implementiert. Das Modell erlaubt sowohl stationäre als auch zeitreihenbasierte Lastflussberechnungen. Es berücksichtigt Zeitreihen von PV-Anlagen und Lasten sowie Messdaten von Windenergieanlagen. In den Simulationen wurden keine Grenzwertverletzungen festgestellt, was zur Validierung des implementierten Modells führte.

ERGEBNIS DER THEORETISCHEN UNTERSUCHUNGEN:

Anhand der Simulationsergebnisse lässt sich eine Reduzierung der zurückgespeisten Energiemengen in den windintensiven Monaten um 20% bis 42% feststellen.

IDENTIFIZIERTE UMSCHALTMÖGLICHKEITEN

Im Rahmen des Projekts "Grid4Regio" wurden sieben mögliche Umschaltmethoden identifiziert.



Die Auswertung der möglichen Topologien basiert auf folgenden Kriterien:

- Keine Grenzwertverletzung
- Möglichst einfaches und zuverlässiges Schutzkonzept
- Maximale regionale Nutzung der erzeugten Energie
- Möglichst geringe Verluste

Zwei der Topologien (UM-0 und UM-1) wurden als besonders relevant ermittelt. Simulationsdaten für das Jahr 2019 weisen auf eine Verringerung der zurückgespeisten Energie während windintensiver Monate um 20-42% hin.

Im Diagramm sind die monatlichen Simulationsergebnisse der exportierten Energie (Balken) und erzeugten Windenergie (rote Linie) dargestellt. Zeitreihenbasierte Lastflussberechnungen offenbarten einen Erzeugungsüberschuss von etwa 4.700 MWh jährlich in Groß-Umstadt unter Normalbetriebsbedingungen (UM-0), wobei dieser Überschuss hauptsächlich während windintensiver Perioden auftritt. Durch eine flexible Umschaltung zu UM-1 konnte die exportierte Energie auf 3.850 MWh im selben Jahr reduziert werden, was einer Reduktion von etwa 20% entspricht.

Die Simulationsergebnisse zeigten, dass die in das Hochspannungsnetz eingespeiste Energie insgesamt um 15,7% bis 18,3% im betrachteten Jahr reduziert werden konnte, insbesondere in den windstarken Monaten von Oktober bis März.

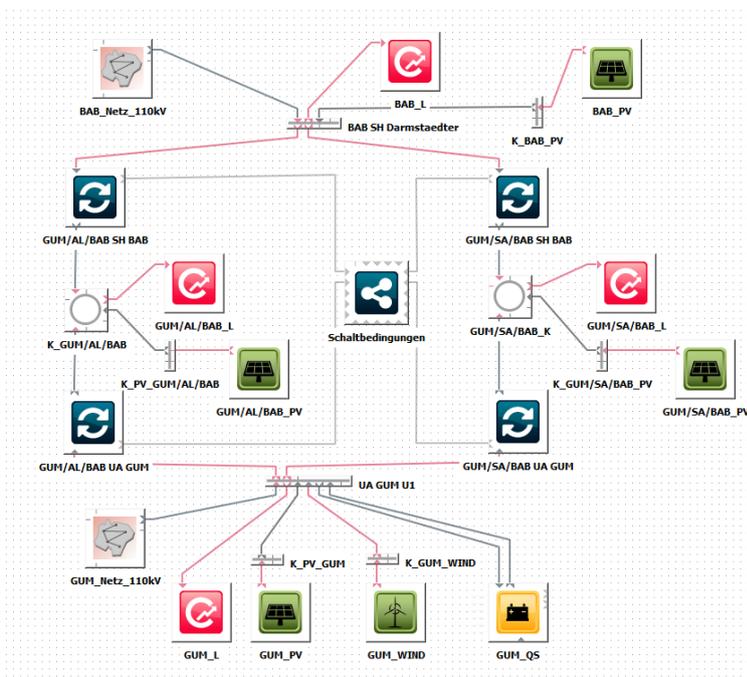
ENTWICKLUNG VON UMSCHALTSTRATEGIEN:

Für die Empfehlung einer Umschaltmaßnahme sind weitreichende physikalische Faktoren zu berücksichtigen, wie eine Topologieänderung und auch die Auslastung der Betriebsmittel und die Einhaltung der Zuverlässigkeit des Schutzes.

FLEXIBILITÄTSMANAGER

Die e-netz Süd Hessen AG hat in Zusammenarbeit mit dem Dienstleister KISTERS über mehrere Jahre hinweg ein virtuelles Kraftwerk als Flexibilitätsmanagementsystem (Flexmanager) entwickelt. Dieses System ist bereits mit mehreren Erzeugungsanlagen und Lasten aus der Region verbunden. Der Flexmanager nutzt Prognosen, aktuelle Marktdaten und vorhandene Messwerte, um die optimale Betriebsweise im Verteilnetz zu ermitteln und das Energiesystem zwischen Erzeugung und Verbrauch auszubalancieren.

Im Rahmen des Projekts "Grid4Regio" wurde der Flexmanager, auch unter Einbezug der Ergebnisse der TUD, weiterentwickelt und ein individuelles Portfolio erstellt. Ziel war es, dass der Flexmanager Schaltempfehlungen anhand von Prognosen ermittelt. Hierfür wurde der Flexmanager technisch so erweitert, dass er die neuen Messwerte und Zeitreihen verarbeiten konnte und somit bereit für den Einsatz im Projekt war. Ein neues individuelles Portfolio wurde auf Basis der bestehenden Netztopologiedaten entwickelt, daraus entstanden vier Prognosemodelle die evaluiert und in den Flexmanager implementiert wurden.



Grundlage für die Prognosen der einzelnen Netzabschnitte waren dabei Stammdaten der Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten zu Peak-Leistung, Globalstrahlungs- und Windprognose von externen Wetterdienstleistern sowie gemessene Zeitreihen der Umspannanlagen und Trafostationen aus dem Leitsystem der Querverbundleitstelle (QVL). Die Last wurde mit einem Vergleichstageverfahren berechnet. Die Erzeugungsleistungen wurden mit Wetterdaten und gemessenen Werten prognostiziert. Die Schaltempfehlung berücksichtigt im Modell aktuell eine Mindestumschaltzeit von sechs

Stunden, diese könnte durch eine erhöhte Automatisierung und Resilienz reduziert werden.

FLEXIBILITÄTSMANAGER:

Der Flexibilitätsmanager bündelt Last- und Verbrauchsprognosen der Speisebereiche im Netzlabor und bildete die Grundlage für die Umschaltmaßnahmen im Feldtest.

FELDTTEST

Für den geplanten Feldtest im Projekt "Grid4Regio" war die Aufnahme des Ist-Zustands sowie die Planung der Mess- und Kommunikationsinfrastruktur essenziell. Basierend darauf wurden Betriebsmittel ausgewählt und bestellt und die Schnittstelle für die Datenübertragung an die QVL der e-netz Südhessen AG definiert. Die Netzgebiete Groß-Umstadt und Babenhausen liegen geografisch nah beieinander und wurden jeweils als Erzeugungs- und Lastgebiet eingestuft, basierend auf den installierten Erzeugungsanlagen und angeschlossenen Lasten. Obwohl bereits Verbindungen zwischen den beiden Netzen existieren, wurden diese bisher nur für spezielle Betriebsfälle genutzt. Diese Verbindungen sollten nun genutzt werden, um den Betriebspunkt flexibel zu managen und damit die Möglichkeit zu bieten, die in der Region erzeugte Energie direkt vor Ort zu verbrauchen.

Der Einbau moderner Betriebs-, Mess- und Kommunikationseinrichtungen wurde in den Umspannanlagen von Groß-Umstadt und Babenhausen sowie in zwei Transformatorenstationen in diesen Versorgungsbereichen durchgeführt. Die Schutzeinrichtungen wurden über Glasfaser verbunden und die Schutzdaten entsprechend eingestellt, um eine sichere Datenübertragung an die QVL zu ermöglichen. Nach der hardwaretechnischen Implementierung der Fernwirktechnik erfolgte die systemtechnische Integration der Schnittstellen in die IT-Infrastruktur der e-netz Südhessen AG.

FELDTTEST:

Die Durchführung des Feldtests setzt den Einbau von zusätzlicher Mess- und Kommunikationstechnik sowie die Ertüchtigung des Flexmanagers voraus.

DURCHFÜHRUNG DER FELDTTESTS

Das Forschungsprojekt „Grid4Regio“ führte Feldtests durch, um die Simulationsergebnisse zu validieren und zu prüfen, wie die Theorie in der Praxis umgesetzt werden kann. Dabei wurde ein Feldtestablauf definiert und eng mit der QVL der e-netz Südhessen AG koordiniert. Mehrere Zeiträume wurden analysiert, um die Feldtests durchzuführen. Es wurden Umschaltstrategien berücksichtigt, mit Fokus auf die maximale Nutzung der erzeugten Energie und minimalen Verlusten. Ein entscheidender Faktor hierbei war die installierte Windlast.

Die Feldtests fanden in zwei Zeiträumen statt: vom 13. bis 16. Dezember 2022 und vom 11. bis 13. Januar 2023. Während dieser Zeit wurden die Umschaltungen mittels Fernwirktechnik durchgeführt. Die Zeiträume wurden aufgrund der Ergebnisse des Flexmanagers in Bezug auf die zu erwartenden hohen Wind- und Photovoltaik-Erzeugungen ausgewählt. Die Umsetzung der Schalthandlungen erfolgte durch die Schaltmeister der QVL und in Absprache mit dem Übertragungsnetzbetreiber. Die Schalthandlungen und die Qualität der Ergebnisse hingen stark von den Genauigkeiten der Prognosemodelle für erneuerbare Energien und Lastprognosen ab. Je genauer die Prognosen, desto besser können gezielte Schalthandlungen zur Maximierung der regionalen Nutzung erneuerbarer Energien und zur Minimierung der Verluste durchgeführt werden. Eine detaillierte Netzanalyse und ein genaues Kenntnis der installierten Betriebsmittel sind hierbei unabdingbar.

DURCHFÜHRUNG DER FELDTTESTS:

Es wurde festgestellt, dass durch die Trennstellenverlagerung der Verbrauch erneuerbarer Energien in verschiedenen Versorgungsbereichen erhöht werden konnte. Dieser Effekt wird durch eine höhere Windkraftproduktion verstärkt.

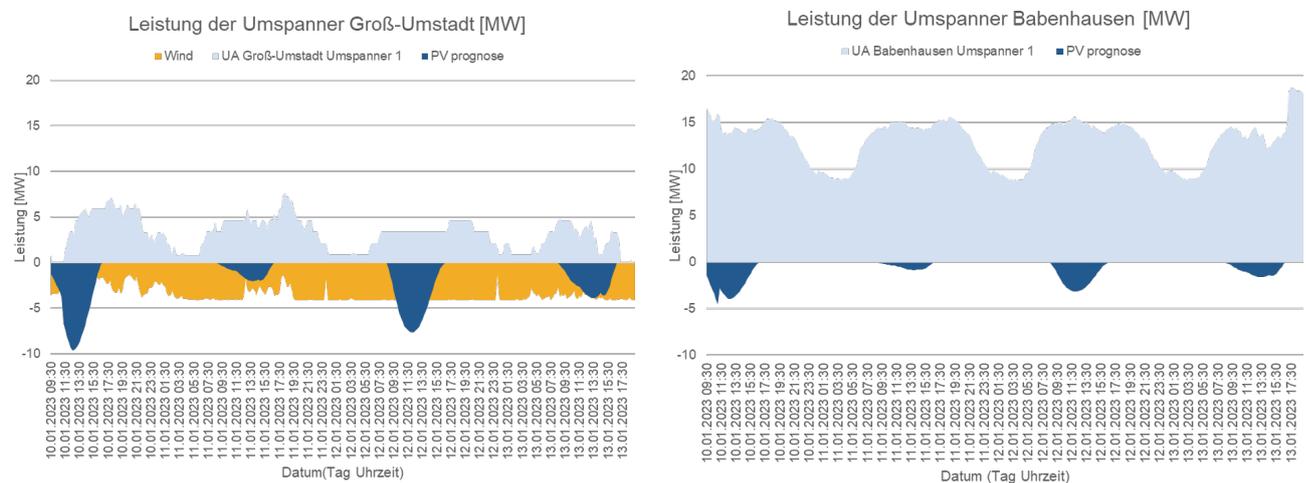
Die Fernwirktechnik ermöglichte die effiziente und präzise Durchführung der Schalthandlungen durch die QVL. Während des Feldtests wurde die Versorgungsrichtung von einem Speisebereich auf den angrenzenden Speisebereich umgeschaltet. Diese Trennstellenverlagerung machte es möglich, dass zwei Stränge aus der Umspannanlage Groß-Umstadt, anstatt Babenhausen, versorgt werden konnten. Es wurde festgestellt, dass eine Verbesserung und Anpassung der Schaltstrategie notwendig sein kann, wenn sich die installierten Betriebsmittel signifikant verändern.

Eine beispielhafte Empfehlung, im nachfolgenden Bild, des Flexmanagers für Umschaltungen in zwei Strängen zeigt, zu welchen Zeiten und von welcher Umspannanlage die Stränge versorgt werden sollten. Die Versorgung durch die Umspannanlage Babenhausen ist in blau dargestellt, während die Versorgung durch die Umspannanlage Groß-Umstadt in Rot dargestellt ist.

Im Bereich des Umspanners in Babenhausen wurde ein deutlich höherer Lastfluss festgestellt, was auf zwei Quartiere mit hohem Verbrauch zurückzuführen war. In Groß-Umstadt war die Durchdringung mit Photovoltaikanlagen signifikant höher als in Babenhausen, was die Differenz in den Photovoltaikprognosen erklärte.

Auf Basis der Prognosen im ersten Feldtestzeitraum wurde eine Umschaltempfehlung evaluiert und eine Umschaltung zwischen dem 13. und 16. Dezember 2022 durchgeführt. Während dieser Zeit versorgte Groß-Umstadt die beiden Stränge, die ursprünglich Teil des Speisegebiets Babenhausen waren, was wichtige Erkenntnisse für das Projekt lieferte.

Im zweiten Feldtestzeitraum (10.-13. Januar 2023) wurde eine stärkere Divergenz der Verbrauchs- und Erzeugungprognose der beiden Speisebereiche festgestellt, insbesondere aufgrund hoher Wind- und Photovoltaikeinspeisungen. Basierend auf diesen Daten wurden Schaltempfehlungen berechnet und vom 10. bis 13. Januar 2023 technisch umgesetzt, wobei Teile von Babenhausen aus Groß-Umstadt versorgt wurden.



Die Querverbundleitstelle wurde einen Tag im Voraus über geplante Trennstellenverlagerungen informiert und führte die entsprechenden Schaltaktionen durch. Zudem wurde der vorgeschaltete Netzbetreiber telefonisch über die Umschaltungen informiert, um Ausgleichsströme zu minimieren. Nach einer Dauer von drei Tagen wurde der ursprüngliche Normalschaltzustand wiederhergestellt. Die dazu erforderlichen Schalthandlungen wurden von den Schaltmeistern durchgeführt.

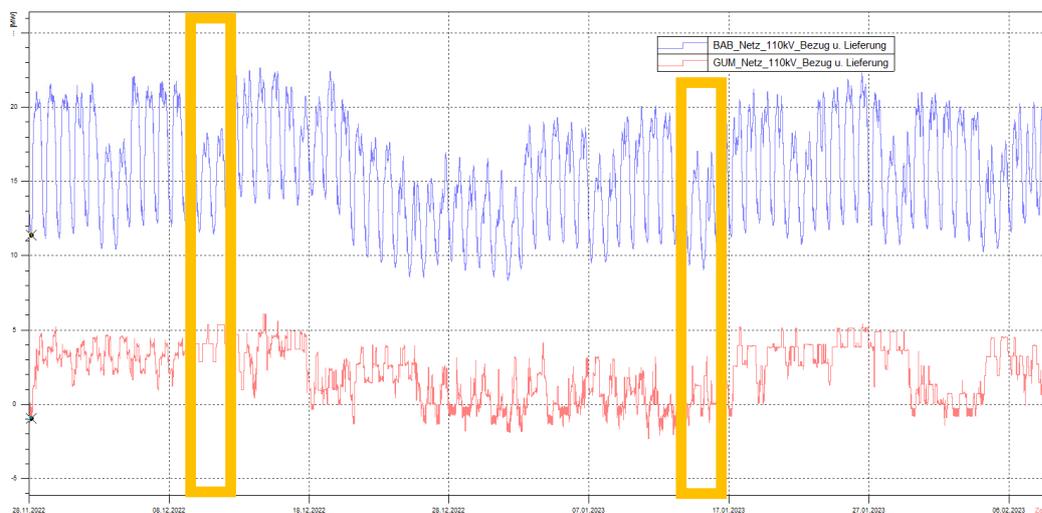
AUSWAHL DES FELDTTESTZEITRAUMS:

Die Feldtests wurden bewusst in den windintensiven Monaten durchgeführt. Während der sechs Umschalttage wurden, insgesamt 2.100 MWh von Photovoltaikanlagen und 5.200 MWh vom Windpark erzeugt, die im regionalen Verteilnetz genutzt wurden.

ERGEBNISSE DER FELDTTESTS

Die Feldtestergebnisse wurden durch den Flexibilitätsmanager und andere Auswertungswerkzeuge sorgfältig analysiert und bildeten die Grundlage für die Evaluierung der Projektergebnisse. Verschiedene Modellvarianten wurden im Flexibilitätsmanager definiert, um sowohl die Normalschaltung als auch die Verschiebung der Trennstellen abzubilden.

Die Analyse von Netzbezug und Lieferung der Umspannanlagen in Babenhausen und Groß-Umstadt zeigten eine starke Asymmetrie, die durch stark schwankendes Verbrauchsverhalten der lokalen Nutzer und die unstetige Einspeisung der Energieerzeuger verursacht wurde. Prognoseanalysen erlaubten jedoch eine Vorhersage des Trends für die folgenden drei Tage. Interessanterweise zeigten sich im Testzeitraum Änderungen: Es gab eine Reduzierung der Netzlasten in Babenhausen und eine gleichzeitige Steigerung in Groß-Umstadt, die durch Umschaltungen ermöglicht wurden.



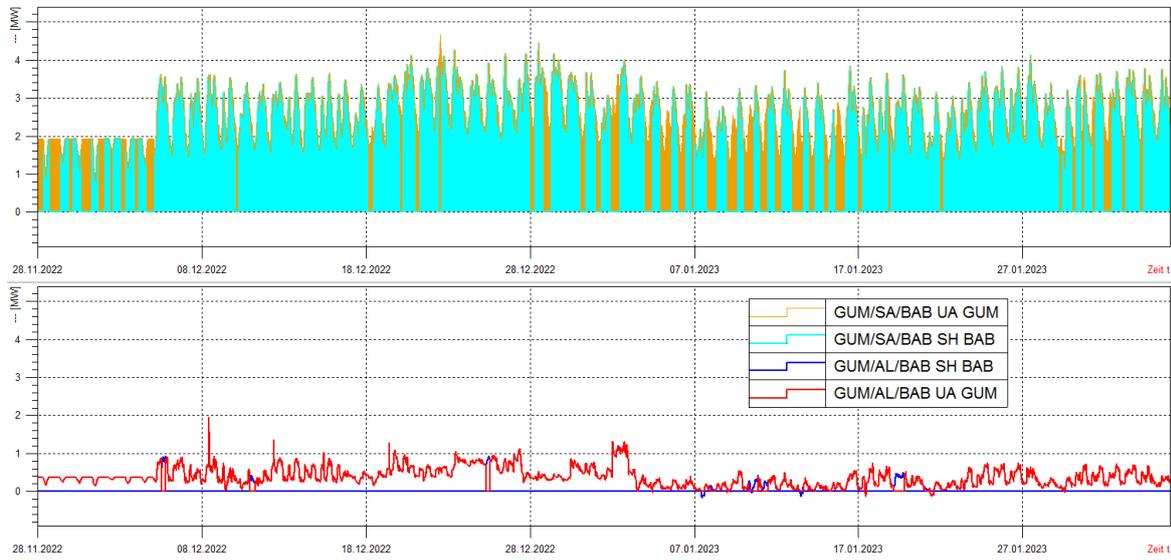
Die Analyse der Erzeugungs- und Verbrauchsdaten zeigte, dass durch die Umschaltungen eine bessere Verknüpfung des regionalen Verbrauchs und der Energieerzeugung erreicht werden konnte. Vor allem im zweiten Testzeitraum wurde dies durch den verstärkten Einsatz von Windkraft noch deutlicher.

Die Qualität der Schalthandlungen stand in engem Zusammenhang mit der Genauigkeit der Prognosemodelle für erneuerbare Energien und Lasten. Je geringer die Abweichung zwischen der Prognose und den tatsächlichen Werten, desto besser konnten die Schalthandlungen zur Maximierung der regionalen Nutzung der erzeugten Energie und zur Minimierung der Verluste beitragen.

FELDTTEST ERGEBNISSE:

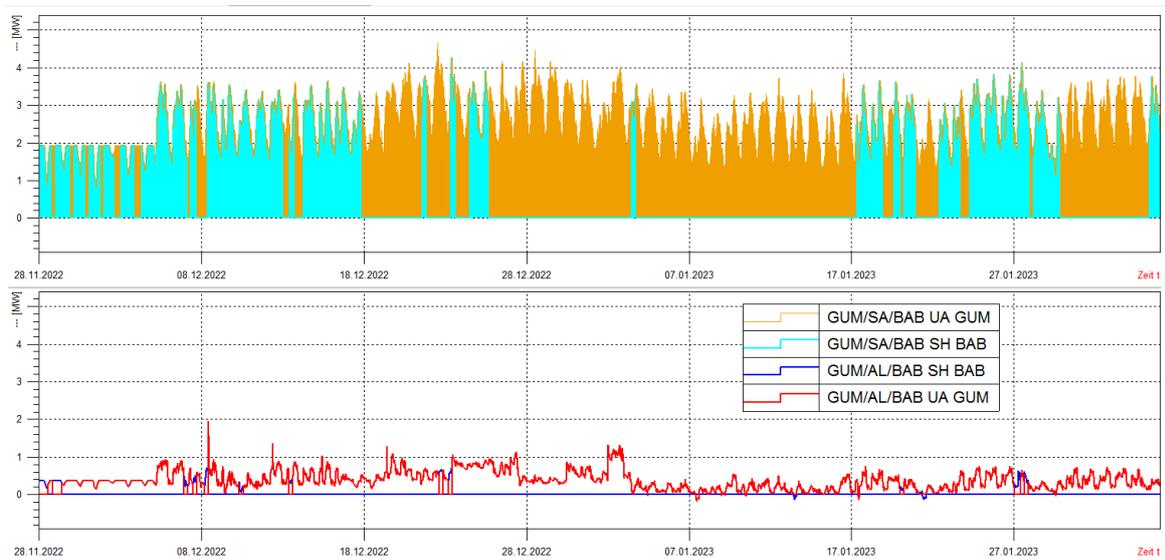
Durch die Trennstellenverlagerungen konnte mehr regional erzeugte Energie vor Ort verbraucht werden.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Umschaltempfehlung des Flexmanagers für den kompletten Messzeitraum im Projekt „Grid4Regio“. GUM/SA/BAB UA GUM stellt dabei eine Versorgung aus der Umspannanlage Groß-Umstadt dar, GUM/SA/BAB SH BAB spiegelt die Versorgung aus dem Schalt haus Babenhausen wider. Ebenso verhält sich die Bewirtschaftung von Strang GUM/AL/BAB.



Die Zunahme stark variabler Verbraucher, wie die Elektromobilität, stellt eine Herausforderung für die Prognose von Lastflüssen dar. Allerdings ermöglichen genaue Globalstrahlungs- und Windprognosen eine präzise Vorhersage der Erzeugungslast. Im Rahmen der Schalttempfehlungen und des Prognosemodells ist es jedoch entscheidend, die Netztopologie und die installierten Betriebsmittel ständig zu überwachen und zu analysieren.

Die Modellierung eines Quartierspeichers in Groß-Umstadt im Rahmen von Grid4Regio hatte bereits einen relevanten Einfluss auf die Ergebnisse. Eine Zunahme solcher Speicher sowie eine steigende Anzahl von Dachanlagen könnten das vorhandene Potential neu bewerten und ein dynamisches Schaltverhalten erfordern. Ein Szenario mit zusätzlichen 9 MW Windleistung im betrachteten Netzgebiet ließ eine signifikante Zunahme der empfohlenen Schalzhäufigkeit erwarten.

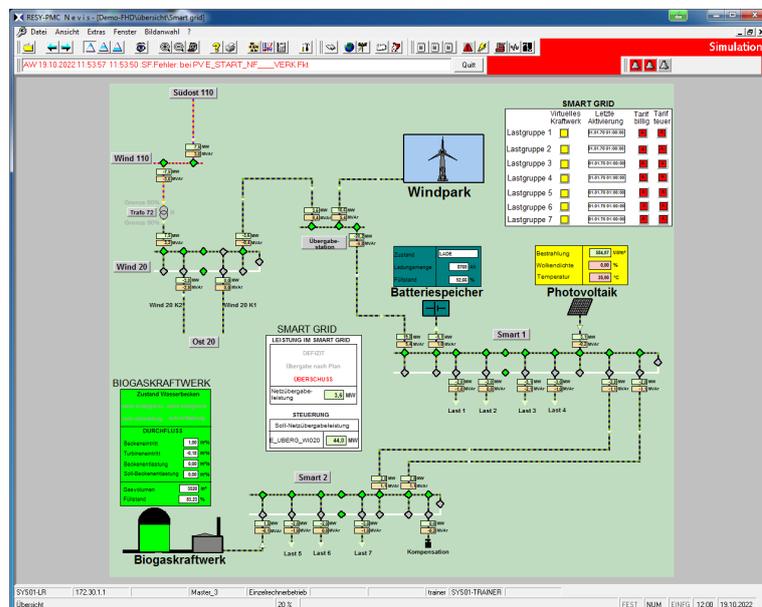


TRAININGSSIMULATOR ZUR SCHULUNG DER ENERGIEWENDE

Die Hochschule Darmstadt setzt einen selbstentwickelten Netzleitstellensimulator im Unterricht, in Schulungen und in der Forschung ein. Dieser Simulator besteht aus einem Leitsystem und einem Simulator, der die Fernwirktechnik ersetzt und kontinuierlich Messwerte liefert. Das System ermöglicht die Durchführung und Darstellung von Schalthandlungen sowie das Platzieren von Erd- oder Kurzschlüssen durch den Trainer, sodass eine realitätsnahe Schulungsumgebung entsteht.



Ziel dieses Forschungsprojektes war die Implementierung einer Modellregion, mit dezentralen Netzverknüpfungspunkten in der Mittelspannung, in den Simulator. Bei der Betrachtung und Analyse der Netze wurden verschiedene Strukturen und Charaktere der Netzgebiete differenziert. Der in Deutschland üblicherweise zu Benchmarkingzwecken herangezogene „SimBench“-Datensatz und der BDEW verwenden unter anderem die Netzcharaktere ländlich, vorstädtisch bzw. kleinstädtisch, städtisch und teilweise gewerblich oder großstädtisch. Zur Darstellung der erneuerbaren Energien und dem Training von Szenarien, die das Zusammenspiel von fluktuierender Erzeugung, nicht beeinflussbaren Lasten und einem Batteriespeicher zeigen, wurde ein Smart Grid im Netzleitstellensimulator implementiert. Immer komplexer werdende Betriebsfälle erfordern bestmöglich weitergebildetes Personal.



Für die verschiedenen Verbraucher und Erzeuger im Netz wurden Lastprofile für Wirk- und Blindleistung in den Konfigurationsdateien hinterlegt. Verschiedene Szenarien, wie ein Schwachlast-Fall mit geringer Erzeugung und ein Starklast-Fall mit zunehmender erneuerbarer Energieerzeugung, wurden dargestellt.

In einem zweitägigen Schulungsprogramm wurden die Teilnehmer mit dem entwickelten Schulungsszenario konfrontiert und mussten eigenständig Schalthandlungen durchführen. Die Schalthandlungen wurden im Rahmen der Schulung in manuelle Schalthandlungen, definierte Schalthandlungen und automatisierte Schalthandlungen unterteilt. Die manuelle Schalthandlung beschreibt klassische Schalthandlungen durch den Schaltmeister, der die Voraussetzungen einer Schaltung überprüft und diese eigenverantwortlich durchführt.

TRAININGSSIMULATOR

Der Trainingssimulator wurde um weitere komplexe Anwendungsfälle, die die Energiewende mit sich bringt, weiterentwickelt und in einer Schulung getestet.

LEITSTELLENAUSWIRKUNGEN

Die Querverbundleitstelle (QVL) der e-netz Südhessen AG ist für die Überwachung und Steuerung der Energienetze zuständig und besitzt die Autorität für Schalthandlungen innerhalb der Netze. Durch die Energiewende stehen sie und alle anderen Verteilnetzbetreiber vor neuen Herausforderungen, für die die Mitarbeiter entsprechend geschult werden müssen. Im Projekt Grid4Regio wurde eine zukunftsweisende Schulung durch die Erweiterung des Netzleitstellensimulators mit der Integration von Smart Grids ermöglicht.

Die Energiewende erfordert die Integration einer Vielzahl kleiner, dezentraler, erneuerbarer und wetterabhängiger Einspeisungen. Dies neue Strukturen für den Transport, die Zwischenspeicherung und die Verteilung von Energie. Ziel dabei ist es, die in der Region erzeugte Energie mit gewohnter Zuverlässigkeit den Stromkunden zu liefern und vorrangig direkt regional zu verbrauchen. Die neuen dezentralen Energiequellen stellen die Verteilnetzbetreiber und das Leitstellenpersonal dabei vor neue operative Aufgaben, wie unter anderem eine Lastflusskontrolle mit häufiger Lastflussumkehr, die Gewährleistung der Spannungsstabilität und das Energiemanagement mit Einbezug von Speicher, Kompensationsanlagen und steuerbaren Lastgruppen.

Neue Betriebsmittel und Messtechnik ermöglichen es den Verteilnetzen, einen aktiven Beitrag zu leisten, statt nur passiv durch frequenzabhängige Lastabschaltungen beteiligt zu sein. Die Übertragbarkeit der Projektergebnisse ist sehr hoch, denn mit dem weiteren Zubau von erneuerbaren Energien wird die Notwendigkeit von Ausgleichsmaßnahmen aufgrund eines hohen Stromangebots weiter steigen. Bisherige Ansätze zur Behebung von Netzengpässen auf der Hoch- und Höchstspannungsebene sind aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht wünschenswert, da sie einen weiteren Netzausbau und damit zusätzliche Kosten bedeuten. Diese Kosten könnten vermieden oder zumindest verzögert werden, wenn Netzengpässe zunächst mit der vorhandenen Netzinfrastruktur gelöst werden. Um Verteilnetzbetreiber zu motivieren, alle Möglichkeiten des Ausgleichs auf Verteilnetzebene auszuschöpfen, müssten entsprechende Anreize gesetzt werden.

LEITSTELLENAUSWIRKUNGEN:

Mit dem weiteren Zubau von erneuerbaren Energien wird die Notwendigkeit von Ausgleichsmaßnahmen, die die Leitstellen ausführen müssen, steigen. Ein optimierter Einsatz der vorhandenen Netzinfrastruktur ist notwendig.

REGULATORISCHE HEMMNISSE

Derzeit gibt es für Verteilnetzbetreiber keine Anreize, die im Projekt „Grid4Regio“ eingesetzte Messtechnik zu installieren oder entsprechende Geschäftsmodelle zu entwickeln. Im Stromnetz zahlen Verteilnetzbetreiber an vorgelagerte Netzbetreiber Netzentgelte nach entnommener Leistung und Menge. Sollte der Strom nicht im Verteilnetz verbraucht werden, führt dies zu Rückeinspeisungen über die einzelnen Umspannanlagen mit den vorgelagerten Netzbetreibern. Als Rückvergütung erhalten die Verteilnetzbetreiber vermiedene Netzentgelte. Mit der Abschaffung der vermiedenen Netzentgelte durch das NEMoG ab dem 01.01.2020 für volatile Einspeisung (Wind und Solar) erhält der Verteilnetzbetreiber für diesen Anteil der volatilen Rückeinspeisung keine vermiedenen Netzentgelte. Gleichfalls erhalten Anlagenbetreiber von Wind- und Solaranlagen keine vermiedenen Netzentgelte.

Die Energiewende und der zunehmende Ausbau von erneuerbaren Energien erfordern in der Zukunft mehr Messtechnik und automatisierte Betriebsmittel auf der Mittelspannungsebene. Die gängige Praxis von Schalthandlungen auf der 20-kV-Ebene und auch koordinierte Schalthandlungen zwischen der 20-kV- und 110-kV-Ebene erfolgt durch Fachpersonal vor Ort, die in der jeweiligen Leitstelle die Schalthandlung telefonisch ankündigen und dann durchführen. Mit Blick auf den geplanten Ausbau von erneuerbaren Energien und insbesondere unter Berücksichtigung eines Szenarios mit 100% erneuerbarer Energien im Stromnetz, ist dies langfristig nicht haltbar. Eine Lösung wäre eine höhere Automatisierung im Netz, um mit fernsteuerbaren Trennstellen Umschaltungen durchzuführen, ohne dass Personal vor Ort benötigt wird. In Anbetracht des bereits jetzt spürbaren Fachkräftemangels könnte dadurch eine schnellere und effizientere Netzverwaltung ermöglicht werden. Die aktuelle Regulierung bietet jedoch für Netzbetreiber keine Anreize, die im Projekt verwendete Messtechnik zur Anzeige des Stromflussrichtung einzubauen.

ÜBERTRAGBARKEIT DER ERGEBNISSE:

Das Projekt „Grid4Regio“ hat den Nachweis zur Notwendigkeit und Machbarkeit aufgezeigt. Mit einer Anpassung der Rollenverteilung an die technischen Notwendigkeiten bei der Energiewende, können neue Geschäftsmodelle entstehen.

FORSCHUNGSAUSBLICK – BEURTEILUNG UND AUSBLICK

Im Forschungsprojekt „Grid4Regio“ wurde die Machbarkeit von flexiblen Zonen zwischen angrenzenden MS-Netzen untersucht, die umgeschaltet werden können, um lokal erzeugten Strom optimal zu nutzen. Es wurde eine Umschaltstrategie für ein reales Netzgebiet entwickelt und analysiert, die vor allem in windintensiven Zeiträumen das Projektziel erfüllt. Dabei ist eine Heterogenität im Verhältnis von Last und Erzeugung zwischen den angrenzenden Netzgebieten erforderlich.

Vor einer Umschaltung müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein, um eine Gefährdung des sicheren Netzbetriebs auszuschließen. Zudem sollte der Netzbetrieb nach einer Umschaltung sicher, stabil und zuverlässig bleiben. Hierfür sollten Netzsimulationen während und nach einer Umschaltung durchgeführt werden, um Grenzwertverletzungen zu vermeiden. Insbesondere sind die neuen Werte der minimalen Kurzschlussströme und die Ausgleichsströme während der Kupplung der MS-Netze zu beachten.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass eine Umschaltung nur sinnvoll ist, wenn die Netzgebiete ein unterschiedliches Last-Erzeugungsverhältnis aufweisen. Außerdem sollten flexible Zonen und

ihre Umschaltstrategien gleichzeitig definiert werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. In „Grid4Regio“ wurden flexible Zonen durch die vorhandene Schalttechnik definiert.

Als Alternative zur Umschaltung wurde in „Grid4Regio“ die Anwendung eines leistungsflusssteuernden Elements zur Steigerung der regionalen Nutzung der erzeugten elektrischen Energie untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Verwendung von UPFC mehr Potenzial im Vergleich zur Umschaltung von definierten flexiblen Zonen bietet. Darüber hinaus bieten UPFC weitere Regulierungsmöglichkeiten, wie z.B. Blindleistungs- oder Spannungsregulierung.

Das Netztrainingssystem bietet derzeit einen guten Entwicklungsstand zur Schulung der betrachteten Topologieoptimierung mit ihren Herausforderungen. Die zunehmende Komplexität der Betriebszustände, bedingt durch den Ausbau regenerativer Erzeugungsanlagen und den zu erwartenden Anstieg der Last durch Wärmepumpen und das Laden von Elektrofahrzeugen, muss vom Leitstellenpersonal überwacht und verwaltet werden. Das Netztrainingssystem kann weiterentwickelt und neue Schulungsprogramme erstellt und zugänglich gemacht werden, um diese neuen Belastungsfälle zu bewältigen.

Die Integration von Messwerten und automatisierten Prognosen kann weiter untersucht werden, um dem Leitstellenpersonal mehr Informationen über den Netzstatus zu liefern und Entscheidungen auf einer breiteren Datenbasis zu ermöglichen. Eine Möglichkeit könnte die Einbeziehung der Smart Meter im Niederspannungsnetz aus dem bereits beschlossenen Rollout sein. Für automatische Schalthandlungen ist eine umfassende und valide Datenbasis unerlässlich.

FAZIT

- **Im Forschungsprojekt Grid4Regio wurde nachgewiesen, dass es möglich ist den lokalen Nutzungsanteil des regional erzeugten Stroms zu erhöhen.**
- **Hoher Aufwand für Vorbereitung und Durchführung der Umschaltung im Feldtest erfordert eine (Teil-) Automatisierung und Standardisierung der Prozesse der beteiligten Stellen.**
- **Wandel in Verbrauchs- und Erzeugungsstruktur macht eine Weiterentwicklung der Rollen und Prozesse der bisherigen Energiewirtschaft notwendig. Aktuell werden Möglichkeiten der VNBs u.a. im Hinblick auf die neue Erzeugungsstruktur noch nicht ausreichend genutzt.**
- **Diese Weiterentwicklung erfordert normative Anpassungen zur Ermöglichung der Entwicklung neuer, langfristiger Kooperationen (zwischen VNB und ÜNB) und der Schaffung neuer Geschäftsmodelle.**

DAS PROJEKTTEAM

e-netz Süd Hessen AG

Die e-netz Süd Hessen AG (e-netz) ist sowohl Verteilnetzbetreiber und Dienstleister für ihre Kunden als auch Partner der Kommunen. Verankert in Darmstadt, kümmert sich die e-netz als Tochterunternehmen der ENTEGA AG um die sichere Energieversorgung und um die funktionierende Infrastruktur. Über das eigene Funknetz der e-netz ist die Sprach- und Datenkommunikation immer gesichert – und damit auch die Energieversorgung. Bereits seit mehreren Jahren beteiligt sich die e-netz Süd Hessen AG an verschiedenen Forschungsprojekten, um die Stromnetze der Zukunft zu erforschen. Dabei ist ein virtuelles Kraftwerk entstanden, das stetig weiterentwickelt wird, so auch im Projekt Grid4Regio.

Technische Universität Darmstadt

Die Technische Universität Darmstadt ist eine der führenden technischen Universitäten Deutschlands, die sich den bedeutenden Zukunftsfeldern Energie, Mobilität, Kommunikations- und Informationstechnologien, Wohnen und Lebensbedingungen widmet. Die Vielfalt der vertretenen Disziplinen konzentriert sich aus Sicht der Ingenieur-, Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften auf die Technik und deckt das gesamte akademische Spektrum ab, von der Grundlagenforschung bis hin zur technischen Anwendung. Das Fachgebiet „Elektrische Energieversorgung unter Einsatz Erneuerbarer Energien“ (FG E5) beschäftigt sich mit dem Aufbau von neuartigen und nachhaltigen elektrischen Energieversorgungsnetzen für eine veränderte Erzeugungsstruktur (Erneuerbare Energien) zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs.

Hochschule Darmstadt

h_da ist eine der größten praxisorientierten staatlichen Hochschulen in Hessen und in Deutschland. Die enge Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen und Forschungseinrichtungen nimmt eine Schlüsselrolle in Lehre und Forschung an der Hochschule Darmstadt ein. So arbeitet die h_da seit Jahren im Rahmen von Forschungsprojekten intensiv mit Unternehmen an der Entwicklung innovativer Lösungen u.a. in den Bereichen Energieversorgung und Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Hochschule Darmstadt betreibt seit einigen Jahren den auf Eigenentwicklung basierten Netztrainingssimulator, der im Rahmen des Projektes Grid4Regio ertüchtigt wurde.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Elektrische
Energieversorgung
unter Einsatz
Erneuerbarer Energien



h_da

HOCHSCHULE DARMSTADT
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

fbeit

FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK
UND INFORMATIONSTECHNIK

PROJEKTFILM

Im Rahmen des Projektes Grid4Regio wurde ein Kurzfilm zum Projekt erstellt. Dieser ist über die Microsite www.entega.ag/grid4regio sowie auf YouTube unter <https://youtu.be/X4kb4wd55Ys> abrufbar.

DER AUFTRAGGEBER

Das Projekt wurde unter dem Förderkennzeichen EF 960 0027/2020 im Rahmen des Operationellen Programms für die Förderung von Investitionen in Wachstum und Beschäftigung in Hessen aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014 bis 2020 (IWB-EFRE-Programm Hessen) durchgeführt. Die fachliche Begleitung erfolgte durch den Projektträger Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen.

PROJEKTLAUFZEIT

Das Projekt wurde im Zeitraum vom 10.11.2020 bis 31.03.2023 durchgeführt.

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.

Gefördert durch:

HESSEN



EUROPÄISCHE UNION:
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

IMPRESSUM

Veröffentlichung: Juli 2023

Herausgeber: e-netz Südhessen AG
Forschung und Entwicklung
Tel.: 06151-701 8031
E-Mail: smartgrids@e-netz-suedhessen.de

Diese Broschüre des Forschungsprojektes Grid4Regio ist eine Zusammenfassung des ausführlichen Abschlussberichtes, der dem Projektträger zur Verfügung gestellt wurde.