

Stromverteilnetze

Integration der E-Mobilität durch Nutzung dezentraler Flexibilität

Das vom BMWi geförderte Forschungsprojekt »MobiGrid – Integration von Elektromobilität in die Verteilnetze durch Nutzung dezentraler Flexibilität« ist am 1. September 2020 mit dreijähriger Laufzeit gestartet. Die Entega AG als Konsortialführer, das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE und das Institut für Elektrische Energiesysteme der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlands (htw saar) arbeiten an neuen Modellen und Methoden zur Integration von E-Mobilität in Stromverteilnetze. Unterstützt wird das Projekt durch die Storegio GmbH.

Der Entega-Konzern beteiligt sich an MobiGrid als Energiedienstleister und Netzbetreiber. Neben der Weiterentwicklung bestehender Infrastruktur aus bisherigen Projekten sollen folgende wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden:

- Welche Rückschlüsse lassen sich zu den Auswirkungen der E-Mobilität auf die Stromnetze der Zukunft ziehen?
- Welche Rolle spielen E-Fahrzeuge für das Netzengpassmanagement?
- Wie lassen sich E-Fahrzeuge als dezentrale Flexibilität nutzen?

Das Institut für Elektrische Energiesysteme der htw saar bringt Kompetenzen und Erfahrungen in Stromnetzberechnung und Netzschutztechnik ein und untersucht, wie der netzdienliche Einsatz dezentraler Flexibilitäten die Netzintegration von E-Mobilität unterstützen kann. Ziel ist es, ein Verfahren zur automatisierten Ermittlung von Fahrplänen für Flexibilitäten zu entwickeln.

Das Verfahren soll in das Netzberechnungssystem ATPDesigner integriert und in synthetischen Referenznetzen und Feldtestgebieten der Entega auf Praxistauglichkeit überprüft werden.

Das Fraunhofer IESE beteiligt sich an MobiGrid als eines der führenden Forschungsinstitute in den Bereichen digitale Zwillinge und Industrie 4.0. Hierfür wird die Open-Source-Middleware Eclipse BaSyx, die für Anwendungen im Bereich Industrie 4.0 entwickelt wurde, auf die Energiewirtschaft transferiert. Im Vorhaben sollen die in BaSyx vorhandenen Schnittstellen und Services zur Anbindung energietechnischer Anlagen, Systeme und Tools weiterentwickelt werden. Ziel ist es, durch die Verwendung dieser Middleware trotz zunehmender Komplexität und erhöhtem Kommunikationsbedarf eine performante und resiliente Systemarchitektur zu schaffen, die Fehlfunktionen von Teilsystemen toleriert und Schutz vor unautorisiertem Zugriff bietet. Die Entwicklungen sollen

parallel zur Nutzung der bestehenden Systemwelt stattfinden und hinsichtlich wesentlicher Systemeigenschaften – zum Beispiel Performanz und Resilienz – verglichen werden.

E-Mobilität und Stromverteilnetze

Zur Erreichung der Klimaschutzziele muss künftig auch der Energiebedarf für Mobilität zunehmend aus erneuerbaren Energien wie Wind- und Sonnenenergie gedeckt werden. Vor allem steigende Batteriekapazitäten von E-Fahrzeugen, verbunden mit dem Wunsch nach kurzen Ladezeiten, werden zum Einsatz von Ladestationen mit immer höherer Leistung führen. Eine zeitliche und örtliche Konzentration an Ladeleistung kann zu Lastspitzen führen, für die die NS-Netze eher nicht ausreichend dimensioniert sind. Als Folge sind Stromüberlastungen (Netzengpässe) als auch unzulässige Netzspannungen möglich. In beiden Fällen muss der Netzbetreiber Maßnahmen treffen, um die Netzstabilität sicherzustellen. Es

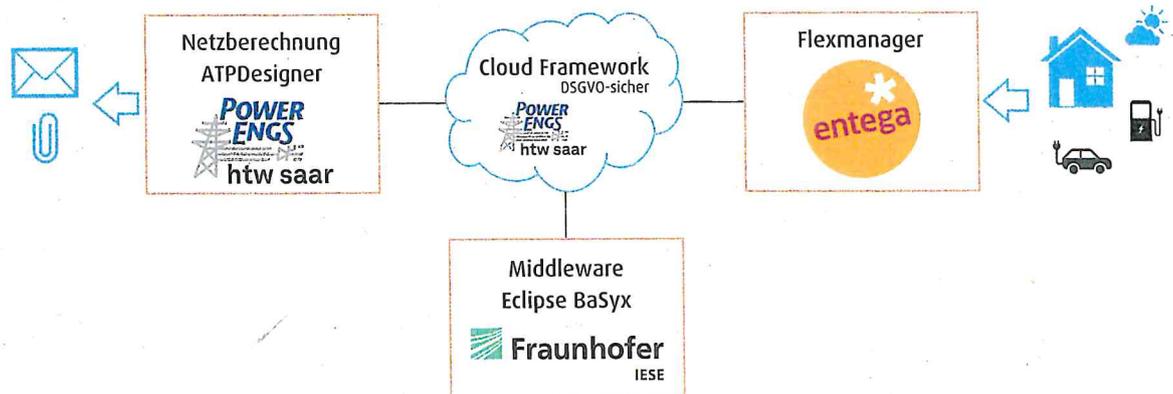


Bild 1. Systemlandschaft in der Zusammenarbeit der Systeme

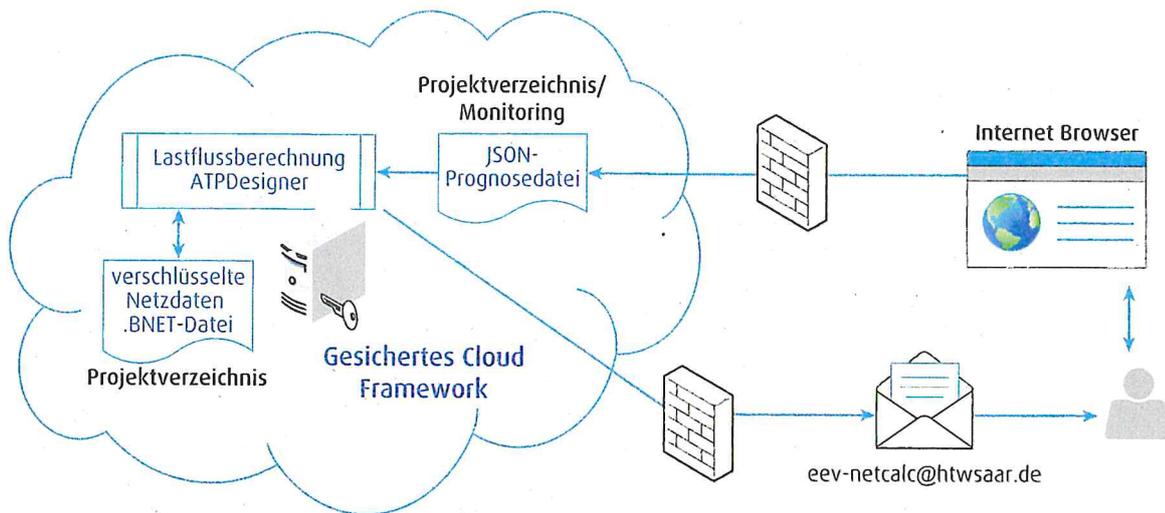


Bild 2. Netzberechnung als gesicherter Cloud-Service

werden Lösungen benötigt, die eine umfassende Integration von E-Mobilität in Stromnetze ermöglichen und gleichzeitig eine Verminderung von Qualität und Zuverlässigkeit der Stromversorgung vermeiden. Herausforderungen und Lösungsansätze hängen stark von der Netztopologie und dem zu erwartenden Ladeverhalten ab. Vor allem die intelligente Nutzung dezentraler Flexibilitäten ist zu betrachten, da diese künftig von großer Bedeutung für den Netzbetrieb werden. Sowohl das Ladeverhalten der E-Fahrzeuge als auch der Einsatz dezentraler Flexibilitäten darf im Normalbetrieb nicht zu einer unzulässigen Anregung oder Auslösung von Schutzorganen (Überfunktion) wie Sicherungen führen.

Projektidee von MobiGrid

Durch den Einsatz von Flexibilitäten können Netzengpässe vermieden werden, noch bevor sie entstehen. Mithilfe moderner Messtechnik und Ladeinfrastruktur zusammen mit einem Flexmanager (virtuelles Kraftwerk) soll in Feldtestgebieten das Ladeverhalten der Zukunft aufgezeichnet werden. Ziel ist es, Netzengpässe prädiktiv zu erkennen und Maßnahmen zu deren Vermeidung zu ermitteln. Dazu tauscht der Flexmanager mit dem Netzberechnungssystem ATPDesigner über ein gesichertes Cloud Framework mit JSON-Schnittstelle Daten aus: Betriebsmitteldaten wie Verfügbarkeiten oder Leistungen vom Flexmanager zum ATPDesigner, die Ergebnisse von Netzzustandsanalysen und -diagnosen zurück – zum Beispiel Fahrpläne

für Flexibilitäten. Der Prozess wird zusätzlich über die Middleware BaSyx abgebildet, um die Verwendung digitaler Zwillinge für ein dezentrales Energiemanagement zu erforschen und erste Schritte in Richtung serviceorientiertes digitales Ökosystem zu gehen. Die Integration von weiteren Diensteanbietern soll so für die Zukunft vereinfacht werden. BaSyx bietet hier Verwaltung und Betrieb von Diensten, die über die Middleware kommunizieren können, sowie die Verwaltung digitaler Zwillinge als einheitliche Datenquellen (Bild 1).

Im Einzelnen verfolgen die Partner die folgenden Arbeitsziele:

- netzknottenscharfe Modellierung von Ladestationen für E-Fahrzeuge und des Ladeverhaltens, zeitlich aufgelöste (15-min-Werte) Prognose kritischer Netzzustände (Ampelmodell)
- prädiktive Analyse und Bewertung des Netzschutzkonzepts, Identifikation des Adaptionspotenzials bei hoher Ladeleistung
- Erweiterung des Netzberechnungssystems ATPDesigner zur Prognose von Rückwirkungen der Ladevorgänge auf Netzspannung (zum Beispiel Oberschwingungen) und Netzschutz
- Ermittlung der physikalischen Wirksamkeit von Flexibilitäten auf Netzengpässe – abhängig von deren topologischer Verteilung im Stromverteilnetz
- Einsatzplanung und Steuerung von Flexibilitäten nach technischen Kriterien und Akzeptanzkriterien mit dem Flexmanager

- Untersuchung einer Quartierladeinfrastruktur mit Batteriespeicher zur Entkopplung der Ladevorgänge im Stromnetz
- Aufbau eines Demonstrators »Netzberechnung als gesicherter Cloud-Service«
- Übertragung von Erkenntnissen aus Industrie 4.0 auf die Energiewirtschaft. Vor allem soll geprüft werden, ob durch Weiterentwicklung der offenen, interoperablen Middleware Eclipse BaSyx deren Anwendung auch in der Energiewirtschaft als Grundlage einer performanten sowie resilienten Systemarchitektur dienen kann.

Um die Vielzahl der Szenarien für E-Mobilität und die damit einhergehenden rechentechnischen Aufwendungen sowie Datensicherheit und Anforderungen an kritische Infrastruktursysteme umsetzen zu können, wurde durch das Institut für Elektrische Energiesysteme der htw saar das Konzept der »Netzberechnung als gesicherter Cloud-Service« entwickelt (Bild 2). Über einen personalisierten Web-Zugang können Netzberechnungen gestartet werden. Sensible Daten liegen gesichert innerhalb eines Cloud Frameworks. Ergebnisse werden je nach Parametrierung an Empfänger per E-Mail versendet. Das Konzept lässt sich so erweitern, dass Kundenanfragen nach E-Fahrzeug-Ladestationen über geeignete Webzugänge automatisiert hinsichtlich der netzphysikalischen Umsetzbarkeit geprüft werden können.



Bild 3. Feldtestgebiet des Forschungsprojekts MobiGrid im Netzgebiet der Entega AG/e-netz Süd Hessen AG

Feldversuche zur Überprüfung der Praxistauglichkeit

Der Einfluss der E-Mobilität soll im Projekt MobiGrid in Stromverteilnetzen mit unterschiedlichen strukturellen Gegebenheiten berechnet und in Feldtests untersucht werden.

Das erste Stromverteilnetz bildet ein Wohnmischgebiet mit dominierender Ein- und Mehrfamilienhausbebauung als »Privater Raum« (Bild 4) ab. Als Feldtestgebiet dient hierfür ein Neubaugebiet in Groß-Umstadt. Das Stromnetz ist

unvermascht, nahezu alle Gebäude verfügen über eine PV-Anlage. Die Bewohner pendeln überwiegend zur Arbeit, sodass das Laden der E-Fahrzeuge eher in den Abendstunden und am Wochenende mit Leistungen von 4 bis 22 kW stattfinden wird. Netzengpässe können aus einer hohen Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge resultieren. Die Feldtestgebiete werden im Netzberechnungssystem ATPDesigner aufgebaut und das Ladeverhalten der E-Fahrzeuge sowie das PV-Einspeiseverhalten durch 15-min-Werte (Lastprofile) nachgebildet. Das Ladever-

halten wird darüber hinaus als Vergleich zu den Messwerten durch Gleichzeitigkeitsfaktoren und probabilistische Ladeprofile simuliert.

Als Lösungsansatz wird auch die Nutzung eines vorhandenen Quartierspeichers (Bild 3) untersucht, der die Pufferung der Stromüberschüsse aus den PV-Anlagen der Haushalte unterstützen kann. Der Quartierspeicher entkoppelt die Ladevorgänge vom Stromnetz und wird vom Flexmanager der Entega gesteuert und überwacht. Im Projektverlauf werden am Standort des Speichers Ladestationen installiert und den Bewohnern E-Fahrzeuge im Rahmen eines Car-Sharing-Modells zur Verfügung gestellt. Zu diesem Zweck schaffte Entega zwei vollelektrische Pkw an, die den Bewohnern im Testgebiet ab September 2021 für jeweils zwei Monate zur individuellen Nutzung zur Verfügung stehen. Beide Pkw sind mit Telematikeinheiten ausgestattet, um eine kontaktlose Fahrzeugübergabe zu ermöglichen.

Da ein wesentlicher Aspekt von MobiGrid auch die Untersuchung des Nutzungsverhaltens von E-Fahrzeugen und die daraus resultierenden Anforderungen an die NS-Stromnetze ist, werden die Pkw-Nutzer im Vorfeld um die Teilnahme an einer Nutzerbefragung gebeten. Diese Umfrage findet bewusst vor der Nutzung der Fahrzeuge statt. Erwartungen an die Nutzung von E-Fahrzeugen sollen hierdurch eruiert und analysiert werden. Es ist geplant,

	Bereich 1 »Privater Raum«	Bereich 2 »Öffentlicher Raum«
		
Netztopologie	nicht vermascht	vermascht
Ladeverhalten	abendliche Stoßzeiten, niedrige bis mittlere Leistung, längere Ladezeit	tageszeitlich verteilt hohe Leistung, kurze Ladezeit
Flexibilitäten	Batteriespeicher, Haushaltslasten	Batteriespeicher, Netzbetriebsmittel, gewerbliche Lasten

Bild 4. Überblick Untersuchungsbereiche/Feldtests

eine weitere Umfrage nach Abschluss der Fahrzeugnutzung durchzuführen.

Im ersten Projektjahr wurden zwei Wallboxen als mobile Ladesäulen im Wohngebiet installiert. Die Ladesäulen werden im Projektverlauf mehrmals in die jeweilige Wohnortnähe der Fahrzeugnutzer versetzt. So soll ihnen der Ladevorgang ohne lange Wege nutzerfreundlich ermöglicht werden.

Das zweite Stromverteilnetz bildet eine städtische Situation mit hoher Wohn-dichte und intensiver Mischnutzung als »Öffentlicher Raum« ab (Bild 4). Als Feldtest kommt ein vermaschtes NS-Netz in Darmstadt zum Einsatz. In vermaschten Netzabschnitten steht an jedem Netzknoten eine höhere Netzkapazität zur Verfügung, da diese von mehreren Seiten versorgt werden. Netzengpässe wirken sich dafür auf größere Netzbe-reiche aus. Es sollen Ladevorgänge zur Versorgung von Fuhrparks sowie an öffentlich zugänglichen Elektrotankstellen betrachtet werden. Die Anforderungen gehen hier in Richtung kurzer Ladezeiten. Außer Stoßbelastungen kann infolgedessen an hochfrequentierten Ladepunkten auch eine Dauerbelas-tung mit hohen Leistungen die Folge sein. Auch hier ist ein Batteriespeicher nützlich. Aufgrund der vermaschten Netztopologie kann eine große Zahl unterschiedlich weit entfernter Flexi-bilitätspotenziale zum Ausgleich von Netzproblemen beitragen. Ein wesentlicher Forschungsgegenstand ist daher die Bestimmung der physikalischen Wirksamkeit der Flexibilitäten abhängig von der Netztopologie und deren Berücksichtigung in der Netzberechnung.

Ausblick

Im weiteren Projektverlauf sollen synthe-tische Referenznetze und Feldtestgebiete im Demonstrator »Netzberechnung als gesicherter Cloud-Service« den Partnern zur Verfügung gestellt werden. JSON-Schnittstellen vom Netzberechnungssystem ATPDesigner zu Flexmanager und Middleware werden definiert und in die Systemlandschaft integriert. Ziel ist es, die verlässliche Interaktion der Teilsysteme und deren Praxistauglichkeit zu prüfen.

Danksagung

Die Projektpartner und der Unterauftrag-nehmer danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Zuwendungen im Projekt MobiGrid (FKZ 03EI4016) und dem Projektträger Jülich (PTJ) für die freundliche Unterstützung.

>> **David Petermann** MBA,
Projektleiter,
Entega AG, Darmstadt

Betriebsw. (VWA) **Kerstin Lerchl-Mitsch**,
Projektcontrollerin,
Entega AG, Darmstadt

Nicole Büchau,
Projektmanagerin,
Entega AG, Darmstadt

Björn Schaaf M.Sc.,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Hochschule für Technik und Wirtschaft
des Saarlandes, Saarbrücken

Andreas Winter M.Sc.,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Hochschule für Technik und Wirtschaft
des Saarlandes, Saarbrücken

Lucas Simon M.Sc.,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Hochschule für Technik und Wirtschaft
des Saarlandes, Saarbrücken

Prof. Dr.-Ing. **Michael Igel**,
Institutsleiter,
Hochschule für Technik und Wirtschaft
des Saarlandes, Saarbrücken

Denis Uecker,
Projektleiter,
Fraunhofer-Institut für Experimentelles
Software Engineering IESE, Kaiserslautern

Andrei Manta,
Safety Engineer,
Fraunhofer-Institut für Experimentelles
Software Engineering IESE, Kaiserslautern

david.petermann@entega.ag
kerstin.lerchl-mitsch@entega.ag
nicole.buechau@entega.ag
michael.igel@htwsaar.de
andreas.winter@htwsaar.de
lucas.simon@htwsaar.de
denis.uecker@iese.fraunhofer.de
andrei.manta@iese.fraunhofer.de

>> www.entega.ag
www.iese.fraunhofer.de
www.htwsaar.de
www.atpdesigner.de
www.eclipse.org/basyx

Anzeige

Messtechnik der Zukunft

MOLLINÉ

INDIVIDUELL,

HERSTELLERUNABHÄNGIG,

AUS STUTTGART.



0711 35 16 95-20 www.molline.de