

Jopp Automotive nutzt „Vehicle-to-Grid“-Technik im „Smart Grid“



Mit welchen technischen Mitteln lassen sich Elektro- und Hybridfahrzeuge als Speichersysteme einsetzen und so der Ausbaubedarf des Energienetzes reduzieren? In Bad Neustadt/Saale haben drei Projektpartner diese Frage praktisch erforscht: das Technologietransferzentrum Elektromobilität (TTZ-EMO) der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS), Jopp Automotive und die Überlandwerke Rhön GmbH (ÜW Rhön). Sie errichteten ein „Smart Grid“ auf dem Firmengelände der Jopp Automotive. Außerdem entstand eine „Vehicle-to-Grid“- (V2G)-fähige, bidirektionale Schnellladestation.

Zeitlicher Verlauf des Projekts

Im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie geförderten Projekts begann das TTZ-EMO Anfang des Jahres 2013 damit, eine bidirektionale DC-Schnellladestation für Elektrofahrzeuge zu entwickeln, die sich zum Laden und Entladen von Serienfahrzeugen eignet – bereits Mitte des Jahres 2014 ging der Prototyp einer solchen Station erfolgreich in Betrieb.

Anschließend fertigte Jopp einen auf die Anforderungen des täglichen Betriebs zugeschnittenen Prototypen an und errichtete fünf baugleiche bidirektionale Ladestationen. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme begann im September 2016 die Testphase mit fünf Elektrofahr-



Der Prototyp einer bidirektionalen Ladestation der FHWS.



Bidirektionale Ladestationen der Firma Jopp Automotive.

zeugen des Typs Mitsubishi „i-Miev“, die das bidirektionale Laden unterstützen. Mitarbeiter der Firma Jopp konnten die Fahrzeuge leasen und für ihren täglichen Arbeitsweg nutzen.

Um die Lastspitzen im Firmennetz zu reduzieren, entwickelte das TTZ-EMO eine Hauptsteuereinheit. Diese kann mehrere Ladestationen im Verbund ansteuern und so die Spitzenlast reduzieren. Gemeinsam mit dem lokalen Netzbetreiber ÜW Rhön entstand zudem ein Mess- und Ansteuerkonzept. Es regelt den Lastgang am Netzanschlusspunkt und generiert ein Vorgabesignal an die Hauptsteuereinheit des Ladestationsverbunds.

Aktuell befinden sich alle errichteten Schnellladestationen bei Jopp im Dauereinsatz. Die Leistungsvorgabe errechnet das Überlandwerk Rhön, indem es den Lastgang auswertet. Eine Hauptsteuereinheit rechnet diese Leistungsvorgabe in eine Sollstromvorgabe für die einzelnen Stationen um und verteilt die angeforderte Leistung auf die bidirektional gekoppelten Elektrofahrzeuge.

Die FHWS führte umfassende Messungen durch, um die Effizienz und Verfügbarkeit der Anlage auszuwerten. Das Ergebnis: Mit dem Konzept lassen sich die Lastspitzen im Firmennetz reduzieren – und gleichzeitig die Fahrzeug-Akkus bis zum Arbeitsende aufladen. Die limitierende Größe der maximal möglichen Spitzenlastreduktion ist dabei nicht die in den Akkumulatoren der Fahrzeuge vorhandene Energie, sondern deren maximal abrufbare Entladeleistung und die durchschnittliche Verfügbarkeit der Fahrzeuge zu Spitzenlastzeiten.

Hardwarekonzept der bidirektionalen Ladestationen

Um die bidirektionalen Ladestationen zu entwickeln, nutzten die Partner erprobte, robuste Standardkomponenten aus der Industrie. Das System liefert einen nahezu exakt sinusförmigen Strom mit einem Verzerrungsstromanteil weit unter dem normativ festgeschriebenen Grenzwert. Möglich ist das durch die Kombination aus dem an der FHWS entwickelten direkten Stromregelverfahren und der hochdynamischen 40-MHz-Stromabtastung. Um diese Dynamik zu gewährleisten, wird ein speicherprogrammierbarer Baustein, ein sogenanntes FPGA (Field Programmable Gate Array), eingesetzt.

Die Ladestationen sind identisch aufgebaut und können einzeln oder im Verbund arbeiten. Für die gesetzlich vorgeschriebene galvanische Trennung der DC-Seite vom Versorgungsnetz sorgt ein Trenntransformator zwischen Wechselrichter und Netz. Der Transformator senkt zudem die Eingangsspannung des Wechselrichters auf circa 40 Prozent der Netznominalspannung ab, von 400 V auf circa 166 V. So kann der Wechselrichter ohne zusätzliche aktive Komponenten eine DC-Ausgangsspannung im Bereich zwischen 200 V und 900 V einstellen. Dieser Spannungsbereich eignet sich für alle aktuell verfügbaren Serien-Elektro- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge mit DC-Schnellademöglichkeit.

Regelung und Anbindung des Smart Grid an das Versorgungsnetz

Die ÜW Rhön misst die aktuelle Last und berechnet die notwendige Regelleis-

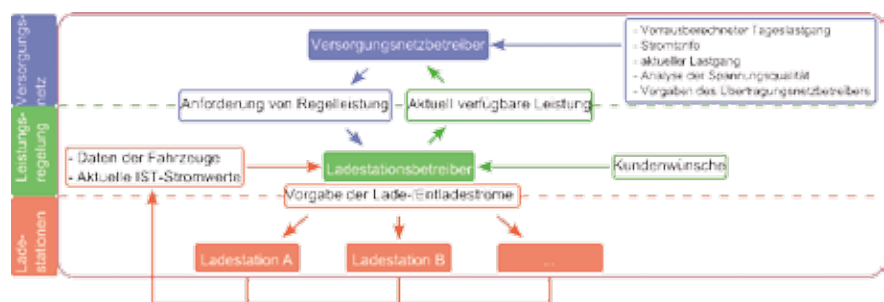
tung voraus. Dabei erfasst ein Vierquadrantenzähler minütlich den Lastgang und leitet die erforderlichen Messdaten an die Netzleitstelle weiter. Um die Jahreshöchstlast des Industriebetriebs zu beeinflussen, muss der 15-minütige Mittelwert der Last am Netzanschlusspunkt auf einem festgelegten maximalen Grenzwert geregelt werden – im Projekt mittels der Regelenergie der Elektrofahrzeuge. Dafür pflegten die Unternehmen den Ladestationsverbund ins Netzleitsystem ein und implementierten einen entsprechenden Algorithmus.

Um die Befehle des Netzleitsystems auf das Firmengelände zu übertragen, installierten die Projektpartner eine Fernwirkereinheit auf dem Werksgelände, wie sie die ÜW Rhön etwa zum Steuern von Aggregaten nutzt. Die Fernwirkereinheit leitet außerdem die Leistungsanforderung an die übergeordnete Steuereinheit des Ladestationsverbunds weiter. Dazu sendet sie jeweils die geforderte Lade- oder Entladeleistung und die Lade- beziehungsweise Entladefreigabe.

Das Ansteuerkonzept basiert ebenfalls auf bewährter Technik, um die notwendige Sicherheit und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Die Übertragung zwischen Fernwirkereinheit und Steuereinheit ist daher bewusst unidirektional, um unbefugte Zugriffe hardwareseitig zu verhindern. Eine Rückmeldung über die gelieferte Leistung erhält das Überlandwerk mittels Lastgangmessung.

Zum Ansteuern der einzelnen Stationen über die Hauptsteuereinheit dient das lokale Netzwerk von Jopp. Der Regelalgorithmus der Steuereinheit errechnet die Sollstromvorgaben für die einzelnen Stationen anhand der Leistungsvorgabe sowie den Strom- und Spannungsdaten der Ladestationen. Diese übergeordnete Regelung ermöglicht es, dynamisch auf Änderungen der Lastvorgabe zu reagieren.

Die Kommunikation zwischen FPGA, Fahrzeug, Benutzer und übergeordneter Hauptsteuereinheit steuert ein „Single Board Computer“. Der Benutzer kann per Webinterface auf die einzelnen Ladestationen zugreifen. Der Fahrer sieht hier den aktuellen Zustand seines Fahrzeugs und kann einen Abfahrtszeitpunkt festlegen – rechtzeitig vor Erreichen dieses Zeitpunkts entfernt das System das Fahrzeug aus dem Regelkreis und lädt die Fahrzeugbatterie ohne Rücksicht auf das



Das Gesamtkonzept des Firmen Smart Grid schematisch

Sollsignal vollständig, um die Abfahrbereitschaft zur gewählten Zeit zu gewährleisten.

Spitzenlastreduktion auswerten

Kritische Größen der Spitzenlastreduktion sind die Anregelzeit und die abrufbare Leistung aus dem Fahrzeug-Akku. Im Projekt kam eine weitere kritische Größe hinzu: die Verfügbarkeit der Fahrzeuge zu den betreffenden Zeitpunkten. Die Auswertung zeigt, dass die in den Fahrzeugen vorhandene Energie keine begrenzende Größe für die Spitzenlastreduktion darstellt. Um eine Regelleistung von 25 kW bereitzustellen, sind zwei Fahrzeuge notwendig.

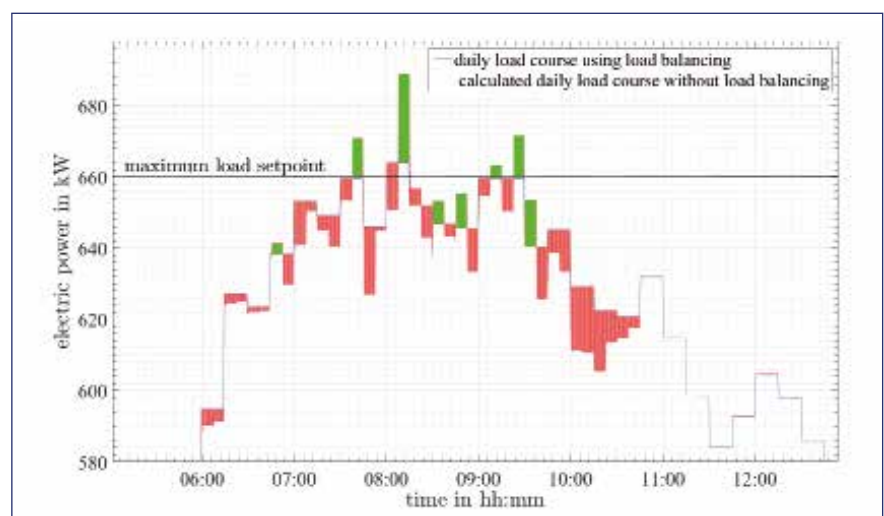
Diese bieten einen nutzbaren Energieinhalt von insgesamt 18,7 kWh. Um die Fahrzeugbatterie zu schonen, wird zur Spitzenlastreduktion lediglich der Bereich zwischen 30 Prozent und 90 Prozent der Gesamtkapazität genutzt. Um die Spitze um 25 kW zu reduzieren, ist im unten abgebildeten Diagramm eine Energie von circa

7 kWh notwendig. Die Fahrzeug-Akkus können also zwischen den Spitzen ausreichend nachgeladen werden.

Fazit

Im Feldversuch demonstrierten die Projektpartner erfolgreich das Potenzial der Spitzenlastreduktion.

Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in Industrienetzen ist ein wichtiges Zukunftsthema. Die Fahrzeuge lassen sich so gegenüber Verbrennungsfahrzeugen deutlich wirtschaftlicher betreiben – Stichwort: Akzeptanz. Neue Geschäftsmodelle sind denkbar, von denen Arbeitgeber und Arbeitnehmer profitieren. Auch Netzbetreiber und Stromlieferanten haben Vorteile: Werden die Einheiten berücksichtigt, die die Spitzenlast reduzieren, sind deutlich kleiner dimensionierte Netzanschlüsse von Industriebetrieben möglich. Stromlieferanten wiederum könnten den Reallastgang von Industriekunden besser prognostizieren.



Das Diagramm zeigt den Lastverlauf, bei dem die Lastspitze durch Einsatz der Elektrofahrzeuge um 25 kW gesenkt wurde. Die grüne Fläche zeigt die durch die Fahrzeuge reduzierte Spitzenlast, die rote Fläche beschreibt die durch die Fahrzeuge aufgenommene Ladeenergie.

Demonstrationsprojekt „Induktives Schnellladen“

Ein weiteres Demonstrationsprojekt bei Jopp umfasste das induktive Laden. Ende des Jahres 2016 lieferte dazu die Intis GmbH ein drahtloses Ladesystem mit einer Übertragungsleistung von 30 kW. Leistungselektronik, Positionierassistenten, Fremdkörpererkennung oder die fahrzeugseitige Benutzerschnittstelle – fast alle Komponenten entwickelte das Unternehmen selbst. Als Technikträger für das Projekt nutzten die Partner einen entsprechend umgerüsteten Nissan Leaf.

Täglich im Einsatz

Aktuell ist die induktive Ladetechnik von Intis an fünf Orten in fünf sehr unterschiedlichen Fahrzeugen im Einsatz. Jetzt strebt das Unternehmen die Normung des Systems an: Im nächsten Schritt soll ein Demonstrator entstehen, der auf genormten Komponenten basiert. Der „Rollout“ des Systems für Pkw ist für das Jahr 2020 geplant.

Die Vision: das Laden von Elektrofahrzeugen während der Fahrt. Nach ersten Erfahrungen mit 500 kW Induktivladetechnik für den Transrapid entstand bei Intis im Rahmen eines von 2012 an laufenden Projekts ein Testzentrum für induktive Energieübertragung während der

Über Jopp und Intis

Die Jopp Holding GmbH liefert mechanische Bauteile und entwickelt Lösungen für Automatik- oder Shift-by-Wire-Wählbetätigungen, bis hin zu eigenen Sensor- und Aktuator Konzepten für den Schalt- und Wählmechanismus. Neben der Präzisionszerspänung und Sintertechnik verfügt das Unternehmen über eine Kunststoffspritzguss-Produktion und Elektronikfertigung.

Die Intis GmbH wurde im Dezember 2011 als Tochterunternehmen der IABG mbH gegründet. Mit eigenen Versuchseinrichtungen im emsländischen Lathen bedient das Unternehmen Wachstumsmärkte der Mobilität, Energie und Umwelt. Das Unternehmen fokussiert dabei auf Infrastrukturlösungen für künftige Verkehrssysteme und nachhaltige Energieversorgungen mit dem Schwerpunkt Elektromobilität.

Fahrt. Die Übertragung von 60 kW zu einem 18 m langen Bus und einem Elektro-Pkw bei circa 30 km/h während der Fahrt funktionierten hier erfolgreich. Im Jahr 2014 rüstete Intis einen VW T5 zu einem Versuchsfahrzeug für das stationäre induktive Schnellladen um. Die Entscheidung, ein Fahrzeug selbst auf Elektroantrieb umzurüsten, fiel trotz der damit verbundenen hohen Kosten. Dafür verfügt Intis über das gesamte Know-how zu dem zugelassenen Versuchsträger – etwa über das Batteriemanagementsystem und die CAN-Kommunikation.

Firmeneigene Testumgebung

Auf den Test- und Entwicklungseinrichtungen von Intis lassen sich alle elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Energieübertragungsstrecke, die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation sowie sämtliche Zusatzdienste wie Positionierungsunterstützung oder Fremdkörper- und Lebewesenerkennung auslegen, entwickeln und testen. Die Komponenten des induktiven Energieübertragungssystems lassen sich laut Intis kunden- und anwendungsspezifisch auslegen.

Schwerpunkt	Aufgabe
Übertragungsspulen	Untersuchung von Spulen, Verifikation der magnetischen und elektrischen Interoperabilität von Spulen verschiedener Hersteller sowie Einhaltung der geforderten Grenzwerte.
Anpassglieder	Untersuchung von Anpassbeschaltungen vor dem Hintergrund der Anforderungen der Normung.
Luftspalt	Spulentests für verschiedene Leistungs- und Luftspaltklassen (Z1, Z2, Z3) vor dem Hintergrund der Interoperabilität und Übertragungseffizienz.
xOD (Fremdkörpererkennung und Lebewesenerkennung) Positionierung, „Initial Alignment“, „Continuous Alignment“	Untersuchung verschiedenster Methoden und Optimierung vor dem Hintergrund der Anforderungen an normenkonforme Gesamtsysteme.
Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation	Untersuchung verschiedener Kommunikationsvarianten, (z. B. Auswirkungen der Umstellung auf ISO 15118 als Kommunikationsprotokoll).
Prüfen und Verifikation	Mitwirkung an der Entwicklung von Messmethoden zur Beurteilung der Normkonformität. Prüfstand zur Vermessung der Eigenschaften von Spulensystemen.
Gesamtsystem	Anpassung und Optimierung der induktiven Ladetechnik an Fahrzeuge, u.a. auch für Industrieanwendungen.