

Forschungsbericht BWPLUS

**Solare Ladeinfrastruktur mit Redox-Flow Pufferspeicher mit intelligentem Energiemanagementsystem zur gleichzeitigen Netzstabilisierung – Sol-LIS-Flow-Net**

von

Jürgen K. Heller

1st Flow Energy Solutions GmbH

Förderkennzeichen: BWINP 22103

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

April 2023

## **Inhaltsverzeichnis:**

### **Inhalt**

Vorwort:.....	3
Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse:.....	3
Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?.....	4
Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen.....	5
Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen.....	6

## Vorwort:

Da sich der Förderaufruf „Intelligente Netzanbindung für Parkhäuser und Tiefgaragen - INPUT“ auf eine Infrastrukturförderung von innovativen Pilotprojekten ohne einen expliziten Forschungsanteil fokussiert, fiel es schwer das Forschungsberichtsblatt in seinem ursprünglichen Sinne vollständig auszufüllen. Dennoch wurden die gestellten Fragen nach bestem Wissen und Gewissen im Rahmen der durchgeführten Arbeiten beantwortet.

## Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse:

In dem genannten Projekt soll exemplarisch aufgezeigt werden, wie die für die Energiewende dringend benötigte Sektorenkopplung durch die direkte Integration von dezentral erzeugtem Photovoltaikstrom in E-Ladeinfrastruktur auf bestehenden Parkplätzen - also ohne zusätzlichen Platzverbrauch - zu einem innovativen „E-Hub“ für ein ganzes Industriegebiet realisiert werden kann.

Der Energieerzeuger ist hierbei ein integriertes Solardach, bei dem die PV-Module zugleich das Dach des Carports bilden, ohne zusätzliche Aufbauten, die herkömmliche PV-Module benötigen. Das energetische Rückgrat, um diese Anlage auch alltagstauglich zu betreiben und die Ladung bei Wolkendurchzug oder fehlendem Sonnenschein (nachts) weiterhin sicherzustellen, bildet hierbei eine innovative Vanadium-Redox-Flow-Batterie der neuesten Generation. Aufgrund der Nutzung von recyceltem Vanadium aus Abfällen der Petrochemie als Elektrolyt weist dieser einen sehr guten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Herstellung auf. Zusätzlich ist dieses Batteriekonzept so gestaltet, dass es nahezu unbegrenzt durch einfaches Vergrößern der Elektrolyttanks erweitert werden kann. Ein solches Speichersystem kann so mit den steigenden Anforderungen aus der E-Mobilität signifikant zur nachhaltigen und erfolgreichen Umsetzung der Mobilitätswende beitragen. Die komplexe Entwicklung, das Design und die Herstellung dieses innovativen Energiespeichersystems finden hierbei vollständig in Baden-Württemberg in Umkirch bei Freiburg statt.

Dieser entwickelte „E-Hub“ zur Elektroladung von mindestens 10 Fahrzeugen besteht aus einer dynamisch geregelten Ladeinfrastruktur mit herkömmlichen AC-Ladepunkten sowie mehreren DC-Schnellladepunkten für alle Anforderungsprofile der unterschiedlichen Nutzerstruktur. Im Design ist bereits eine Erweiterung auf bis zu 50 Ladepunkte vorbereitet. Die intelligente Netzanbindung und die energetisch optimierte Steuerung vor Ort erfolgt mittels eines intelligenten Energiemanagementsystems (EMS). Zu dessen Aufgaben gehört die Kommunikation und Energiebereitstellung für die Ladeinfrastruktur, die optimierte und möglichst direkte Nutzung der Solarenergie mit dem dazugehörigen Speichermanagement sowie die Sicherstellung der nachhaltigen und intelligenten Integration in das lokale Verbundnetz.

Die Übernahme des Konzeptes auf beliebige Infrastrukturen im Land ist hinsichtlich Größe und Leistungsumfang durch die Flexibilität aller Komponenten jederzeit möglich. Vorgesehen in diesem Piloten ist eine Nutzung durch gewerbliche, private und behördliche Nutzer, die bereits großes Interesse bekundet haben.

Eine zentrale Rolle mit Forschungs- & Entwicklungscharakter spielt dabei die systemische Integration des Gesamtsystems. Diese ist erforderlich, um alle Komponenten in ein bestehendes System aus Erzeugern und Verbrauchern zu integrieren. Die Basis hierzu bildet die OpenEMS Plattform, die von der OpenEMS Assoziation betreut und gewartet wird.

Die „1st Flow“ ist von der ersten Stunde als Gründungsmitglied Unterstützer dieser Aktivitäten und fördert auch die kooperative Entwicklung eines öffentlich zugänglichen umfangreichen Energiemanagementsystems (EMS) als entscheidender Katalysator für die Energiewende.

Das EMS, das die Ansteuerung des Energiespeichers und des Trafos als bidirektionale Energiequellen, wie auch die Steuerung der Ladesäulen und der Photovoltaikanlage genauso beinhaltet, wie auch die energetisch optimierte Betriebsführung durch die intelligenten Regelalgorithmen ermöglicht, ist dadurch genau das richtige Mittel der Wahl. Die Motivation auch in diesem weiteren Produkt auf das OpenEMS zurückzugreifen, war damit naheliegend und auch richtig.

Diese Lösung liegt in der Abkehr vom eindimensionalen Speicher, der lediglich seine Basisfunktion erfüllt. An einem sonnigen Sommertag ist die Batterie so gerne mal schon am Vormittag voll oder im Winter über lange Zeiträume leer, beides unproduktive Ruhezustände. Durch eine bessere Verknüpfung untereinander sollen alle Formen von Speichergeräten und Ladesäulen stattdessen am variablen Energiemarkt teilnehmen können und damit weg von ihrem festgeschriebenen Status Quo. Intelligente, kommunizierende Speicher sind also ein Paradebeispiel dafür, wie wichtig es ist, die Kommunikation zwischen Einzelgeräten nicht nur möglich zu machen, sondern auch flexibel zu gestalten.

## Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

Die Firma 1st Flow Energy Solutions GmbH deckt die energetische Stromversorgung des Carports, inklusive modernster Ladeinfrastruktur, durch die Maximierung des Eigenverbrauchs mithilfe einer Vanadium-Redox-Flow-Batterie als Energiespeicher ab.

Als Grundlage wurde eine bestehende Parkfläche mit einem Carport-Solardach versehen, um die erzeugte erneuerbare Energie direkt bzw. über den Redox-Flow-Speicher für die Ladung von E-Fahrzeugen zu nutzen. Hierzu erfolgte die Aufstellung und Inbetriebnahme des Redox-Flow-Speichers. Die Batterie-Einheit mit einer Leistung von 20 kW und einer Speicherkapazität von 150 kWh wurde in die energetische Regelung des Solar-Carports integriert.

Das Energiemanagement erfolgt über das hauseigene Energiemanagementsystem (EMS) der Redox-Flow-Batterie, das auf der offenen OpenEMS Plattform basiert. Dabei werden die von der OpenEMS Community entwickelten Smart Charging Algorithmen angewendet, die die Nutzung als Versorgungseinheit der intelligenten Ladeinfrastruktur, unter Berücksichtigung der Vermeidung von Netzbelastungen, beinhalten.

Allgemein zum hier eingesetzten Redox-Flow-Batterietyp handelt es sich um einen elektrochemischen Energiespeicher, einer sog. Flussbatterie, bei der Energiemengen und Leistung unabhängig voneinander skaliert werden können.

Die eigentliche galvanische Zelle wird durch eine semipermeable Membran, die einen Ionen Austausch zulässt, eine Vermischung des Elektrolyten jedoch verhindert, in zwei Halbzellen geteilt. An der Membran fließt der Elektrolyt vorbei. Die Halbzelle wird durch eine Elektrode abgegrenzt, an der die eigentliche chemische Reaktion in Form einer Reduktion bzw. Oxidation, je nachdem, ob die Batterie geladen oder entladen wird, abläuft. Der geladene

Elektrolyt wird dann in Speichertanks aufbewahrt. Die Speicherkapazität der Batterie hängt von der Größe dieser Tanks ab. Sie lässt sich durch den Einsatz größerer Tanks sehr leicht erhöhen und damit sich ändernden Anforderungen einfach und kostengünstig in der Zukunft anpassen.

Die Steuerung der Lade-/Entladevorgänge und der Kommunikation nach außen übernimmt ein bidirektionaler Batteriewechselrichter, der wiederum an das Energiemanagement angeschlossen ist.

## Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen.

Die Einführung und weite Verbreitung von Elektrofahrzeugen hin zu einem Massenmarkt gelten als wesentliches Instrument, um die Treibhausgasemissionen sowie die lokalen Schadstoffemissionen im Verkehrssektor signifikant zu senken. Bezüglich der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es jedoch von großer Bedeutung, dass die benötigte elektrische Energie erneuerbar durch hohe Solar- und Windanteile in der Stromversorgung bereitgestellt wird. Ferner ist die Produktion von Fahrzeugbatterien sehr energieintensiv, so dass sich die Vorteile der Elektromobilität bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen erst durch eine lange Nutzungsdauer der Fahrzeugbatterien und entsprechend hohen kumulierten Fahrkilometern der Elektrofahrzeuge deutlich bemerkbar machen.

Ferner wird es nach dem beginnenden Markthochlauf von Elektrofahrzeugen für die Erschließung des Massenmarktes entscheidend sein, Schnelllademöglichkeiten an zentralen Punkten anzubieten. Gebäudeintegrierte Ladestationen sind dabei oft anzutreffen. Diese Gebäude verfügen zunehmend über Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerke, dabei ist es ökologisch und ökonomisch sinnvoll den Eigenverbrauch regenerativer Energien zu erhöhen und gleichzeitig die Auswirkungen von regenerativen Energien und Schnellladestationen auf das Netz zu optimieren. Die Integration von Batterien als Pufferspeicher in den Ladestationen ist dabei eine wertvolle Maßnahme, um die Verteilnetze nachhaltig zu entlasten, eine Schnellladung auch bei schwachem Netzausbau zu ermöglichen, den Eigenverbrauch an lokal erzeugter regenerativer Energie zu optimieren sowie durch ein intelligentes Energiemanagement, den lokalen Netzknoten vor Überlastung bzw. kostenintensivem Netzausbau zu schützen.

Die Durch- und Ausführung dieses Projekts ist ein Meilenstein zur Erreichung und Realisierung der oben genannten Ziele. Hierbei wurden Erfahrungen gemacht, die als Grundlage und Hilfe für ähnliche Projekte dienen können.

Dabei ist vor allem zu beachten, dass man sich bei einem solchen Projekt mit unterschiedlichen Parteien, wie z. B. Lieferanten, Behörden und Mitbenutzern auseinandersetzen muss.

Hierbei wurden, trotz frühzeitiger Einbindung der Baubehörden, Schwierigkeiten im örtlichen Genehmigungsverfahren identifiziert. Dies ist auch auf die Neuartigkeit solcher Projekte im erneuerbaren Energieumfeld zurückzuführen.

Ein erfolgreicher Ansatz hierfür ist die Einbeziehung aller betroffenen Stellen.

Auf der Beschaffungsseite musste mit unkalkulierbaren Zeitverzögerungen umgegangen werden.

Deshalb sollte vom eingesetzten Projektteam unbedingt eine enge Abfrage und Überwachung der beteiligten Lieferanten vorgenommen werden. Entscheidend sind hierbei u.a. z. B. Handwerkerferien und jahreszeitbedingte Verzögerungen rechtzeitig einzuplanen.

## Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen.

Diese erfolgreiche Integration der erneuerbaren Energieerzeugung, Speicherung mit einer langfristig einsetz- und nutzbarer Vanadium-Redox-Flow-Batterie in Kombination mit der Installation und Versorgung der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge liefert Ergebnisse, die in dieser Komplexität noch nicht belastbar vorhanden sind. Dies betrifft sowohl die Hardware, wie auch die intelligente Regelung des gesamten Systems durch die Weiterentwicklung des Energiemanagementsystems (EMS).

Dadurch zeigt die Firma 1st Flow Energy Solutions GmbH auf, wie eine erfolgreiche Integration von solarer Stromerzeugung direkt vor Ort, gekoppelt mit skalierbaren Großspeichern, ökologisch und ohne weitere Belastung von vorhandenen Netzen zur Versorgung von E-Ladeinfrastrukturen genutzt werden kann. Also eine unmittelbare, Sektoren übergreifende Anwendung zur Nutzung erneuerbarer Energie.

Eine Umsetzung auf viele weitere Anwendungen hinsichtlich Technologie, wie auch Skalierungsgröße, ist dank der Modularität aller Einzelkomponenten untereinander jederzeit problemlos möglich.

Die Transformation der Mobilität im Land Baden-Württemberg durch Technologie „Made in Baden-Württemberg“ von fossilen Antriebssystemen hin zur Elektromobilität kann somit jederzeit an jedem Ort, unter Nutzung der erzielten Ergebnisse, angewandt werden.

Was hier für das Gemeinde- und Gewerbegebiet Umkirch gezeigt wird, ist genauso über die Landesgrenzen hinaus anwendbar.

Vor allem die einfache Erweiterung der Kapazität der Redox-Flow-Batterie durch Erhöhung des Elektrolytvolumens, gewährleistet eine schier unbegrenzte Skalierbarkeit hinsichtlich der Versorgungssicherheit mit erneuerbarer Energie.

Eine weitere Nutzbarkeit dieses Projekts kommt in der Anwendung als konzeptionelle Basis für Quartierspeicher in Wohn- und Gewerbegebieten, um solare vor Ort Versorgung darzustellen, zum Tragen.

Vor allem das darauf aufgesetzte intelligente Energiemanagementsystem (EMS) zur gleichzeitigen Nutzung des Speichers für die Netzstabilisierung und Vermeidung von Netzüberlastungen im gewerblichen Umfeld, sollte der mittelständischen Industrie-Struktur in Baden-Württemberg nicht nur einen starken Anreiz in Richtung vielseitiger zukünftiger Nutzung von E- Fahrzeugen geben, sondern auch darüber hinaus zum Einsatz kommen.