

Forschungsbericht BWPLUS

**SOL-LIS-FLOW-NET**  
**Schlussbericht**

von

Jürgen K. Heller

1st Flow Energy Solutions GmbH

Förderkennzeichen: BWINP 22013

Laufzeit: 20.09.2021 – 31.12.2022

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

Juni 2023



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## Danksagung

Das Forschungsprojekt SOL-LIS-FLOW-NET wurde in der Zeit vom 20.09.2021 bis zum 31.12.2022 durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA-BWP) unter dem Förderkennzeichen „BWINP 22013“ betreut. Die Finanzierung erfolgte aufgrund eines Beschlusses des Landtags Baden-Württemberg durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, wofür wir uns herzlich bedanken.

Gefördert durch:



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Betreut durch



**PTKA**  
**Projektträger Karlsruhe**

Karlsruher Institut für Technologie



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## **SOL-LIS-FLOW-NET**

# **Solare Ladeinfrastruktur mit Redox-Flow Pufferspeicher mit intelligentem Energiemanagement zur Netzstabilisierung**

Jürgen K. Heller

1<sup>st</sup> Flow Energy Solutions GmbH

Im Brunnenfeld 6, 79224 Umkirch

Förderkennzeichen: BWINP 22013

Berichtszeitraum: 20.09.2021 – 31.12.2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## Inhalt

1	Allgemeine Projektvorstellung / Kurzbeschreibung	6
2	Kurze Vorstellung der Partnerfirmen	8
2.1	Firma Clickcon für den PV Carport	8
2.2	Firma Compleo für die Ladeinfrastruktur	9
2.3	Fa. Glencon für die Orchestrierung der Komponenten	10
3	Motivation	12
3.1	PV Carport	12
3.2	Ladeinfrastruktur	14
3.3	Redox-Flow Batterie	16
3.4	Systemische Integration	17
4	Projektmanagement & Umsetzung	19
4.1	Allgemeine Beschreibung	19
4.2	Projektlauf & Meilensteine	20
4.3	Herausforderungen im Projekt	23
4.4	Lessons learned	24
5	Aufbau / Ergebnisse	26
5.1	Integration in die bestehende Infrastruktur	26
5.2	Einpoliger Übersichtsschaltplan & Integration in das Niederspannungsnetz	27
5.3	Der Batteriespeicher	30
6	Notwendigkeit der Förderung	33
7	Verwertung	34
8	Anhang: Bilder vom Carport	35

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Abbildung 1: Zeichnung Draufsicht Carport	12
Abbildung 2: Zeichnung Vogelperspektive Carport	13
Abbildung 3: OpenEMS System-Architektur	18
Abbildung 4: Höhenschnitt der Stahlkonstruktion mit Bodenfundamente	20
Abbildung 5: Lageplan des 1st Flow Energy Systems Gelände	26
Abbildung 6: Einpoliger Schaltplan des Gesamt INPUT Konzeptes	27
Abbildung 7: Zwischenverteiler INPUT Gesamtsystem	28
Abbildung 8: Niederspannungshauptverteiler	29
Abbildung 9: Redox-Flow Batteriespeicher	30
Abbildung 10: Frontperspektive des Carports mit Schnellladesäule am linken Bildrand	35
Abbildung 11: Rückseite vom Carport	35

## **1 Allgemeine Projektvorstellung / Kurzbeschreibung**

In dem genannten Projekt wurde exemplarisch aufgezeigt, wie die für die Energiewende dringend benötigte Sektorenkopplung durch die direkte Integration von dezentral erzeugtem Photovoltaikstrom in elektrische Ladeinfrastruktur auf bestehenden Parkplätzen, also ohne zusätzlicher Flächenversiegelung bzw. weiterem Platzverbrauch, zu einem innovativen „E-Hub“ für ein ganzes Industriegebiet realisiert werden kann. Als zentraler erneuerbarer Energieerzeuger wurde hier ein innovatives integriertes Solardach verwendet, bei dem die PV-Module zugleich das Dach des Carports bilden, ohne zusätzliche Aufbauten aus herkömmlichen PV Modulen zu benötigen. Das energetische Rückgrat, um diese Anlage auch alltagstauglich zu betreiben und die Fahrzeugladung bei Wolkendurchzug oder fehlendem Sonnenschein (nachts) sicherzustellen, bildet hierbei eine innovative Vanadium Redox Flow Batterie der neuesten Generation als Pufferbatterie. Zusätzlich wurde dieses Batteriekonzept gewählt, da es nahezu unbegrenzt durch einfaches Vergrößern der Elektrolyttanks erweitert werden kann. Ein solches Speichersystem ist somit in der Lage sich iterativ mit den steigenden Anforderungen aus der E-Mobilität, zur nachhaltigen und erfolgreichen Umsetzung der Mobilitätswende, zu verbessern. Die komplexe Entwicklung, Design und Herstellung dieses innovativen Energiespeichersystems fand hierbei vollständig in Baden-Württemberg in Umkirch bei Freiburg statt.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Dieser „E-Hub“ zur Elektroladung von mindestens 10 Fahrzeugen besteht aus einer dynamischen Ladeinfrastruktur mit herkömmlichen 22 kW AC Ladepunkten (Wallboxen) sowie auch DC-Schnellladepunkten für alle Anforderungsprofile einer unterschiedlichen Nutzerstruktur. Im Design wurde bereits eine Erweiterung auf bis zu 50 Ladepunkte berücksichtigt und vorbereitet. Die intelligente Netzanbindung und die energetisch optimierte Steuerung vor Ort erfolgt mittels eines intelligenten Energiemanagementsystems (EMS), das sowohl die Kommunikation nach außen und Energiebereitstellung für die Ladeinfrastruktur, das Speichermanagement, wie auch die sichere und intelligente Integration in das lokale Verbundnetz sicherstellt.

In diesem Piloten ist eine Nutzung durch gewerbliche, private und behördliche Nutzer im direkten lokalen Umfeld vorgesehen.

Alle Partner in diesem Projekt wurden so gewählt, dass diese einmalige Demonstration ein Erfolg wird und diese Carport-Lösung Einzug in das Produktportfolio der Fa. 1st Flow hält.

Hierfür sind verlässliche Partner und Kontakte notwendig.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## **2 Kurze Vorstellung der Partnerfirmen**

### **2.1 Firma Clickcon für den PV Carport**

Nach eingehender Recherche haben wir uns für den Partner Clickcon entschieden. Clickcon ist seit über 10 Jahren im Bereich Solar-Projekte weltweit tätig. Mit dem eigen entwickelten und patentierten Indach-Montagesystem „ClickPlain Pro“ können PV-Überdachungen in allen Größen und Varianten realisiert werden. Durch das flexible und innovative Indach-System kann prinzipiell jedes gerahmte Standard Modul ohne zusätzliches Unterdach und ohne Gummidichtungen als bedingt regensicheres und transparentes PV-Dach eingesetzt werden. ClickCon bietet einerseits modulare Standard-Lösungen als auch auf Kundenwunsch entwickelte Speziallösungen an. Durch diese Flexibilität findet das „ClickPlain Pro“ Montagesystem in fast allen Bereichen des solaren Bauens Anwendung, vom privaten Hausbau über die Überdachung von öffentlichen Ladestationen bis hin zur Gesamtüberdachung von Parkhausdächern, Parkplätzen von Einkaufszentren und Mitarbeiterparkplätzen von Unternehmen.

Das Carport-System setzt neue Maßstäbe bei der Vollintegration von PV-Modulen auf Carport-Dächern. Mit geringem Aufwand können ganze Parkplatzareale komplett transparent überdacht und witterungsunabhängig gemacht werden.

Abschließend war das langjährige Know-How und auch die geographische Nähe ausschlaggebend für die Wahl dieses Partners.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## 2.2 Firma Compleo für die Ladeinfrastruktur

Die Wahl für die Versorgung der Ladeinfrastruktur fiel auf die Firma Compleo, da sich dieses Unternehmen einem ganzheitlichen Ansatz zur breiten und schnellen Verbreitung von Ladeinfrastruktur für die E-Mobilität verschrieben hat.

Des Weiteren konnten wir mit Compleo einen Partner integrieren, der sowohl AC als auch DC- Ladesäulen (mit Eichwert-Zertifikat) anbietet und zusätzlich auch die Abrechnung bzw. die Anbindung an ein ext. Abrechnungsportal von Roaming-Partnern (z.B. EnBW) mitbringt.

Bei der Erfüllung der ambitionierten Klimaziele leistet Compleo einen wichtigen Beitrag. Als Anbieter hochwertiger Ladestationen und Lösungen für die Elektromobilität helfen sie diesen Wandel zu einer „grünen Zukunft“ zu realisieren und eine emissionsfreie Mobilität möglich zu machen.

Seit 2009 ist Compleo als Wegbereiter für ein Roll-Out der Elektromobilität erfolgreich. Mehr als 600 Mitarbeiter arbeiten heute im Unternehmen. Mit über 100 Patentfamilien gibt Compleo jeden Tag Antworten auf die Frage, wie nachhaltiges Laden für Elektrofahrzeuge funktioniert. Compleo Ladetechnologie ist die Schnittstelle zwischen Mobilität und einer dezentralen Energiewelt. Dadurch wird elektrisches Fahren zur selbstverständlichsten und einfachsten Art, sich nachhaltig fortzubewegen. Genau dafür werden Ladehardware und -software bei Compleo von echten e-Mobility-Enthusiasten entwickelt.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

### 2.3 Fa. Glencon für die Orchestrierung der Komponenten

Ein wichtiger Bestandteil des erfolgreichen Projektes war die Integration aller Komponenten in ein zentrales Energiemanagementsystem.

Die Firma Glencon konnte hierfür als Partner gewonnen werden, um die systemische Integration aller Komponenten zu organisieren und umzusetzen. Hierfür wurde als Steuerungsplattform das OpenEMS als Softwareplattform ausgewählt.

Glencon bietet seit über 10 Jahren ingenieurstechnische Entwicklungsdienstleistungen in den Gebieten Software und Elektronik im vornehmlich deutschsprachigen Raum an. Der Schwerpunkt liegt dabei auf anwendungsspezifischen Lösungen, die häufig fachübergreifend umgesetzt werden. Hierzu zählen beispielsweise:

- Implementierung projektspezifischer Algorithmen
- Erstellung von Visualisierung (GUI)
- Entwicklung digitaler und analoger Baugruppen
- Systemintegration, d.h. Zusammenführung der verschiedenen beteiligten Komponenten zu einem Gesamtsystem
- Fehleranalyse und -behebung
- Inbetriebnahme und Test



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Die Software-Umsetzung erfolgt dabei plattformübergreifend, d.h. je nach Bedarf kommen Lösungen von SPS über Embedded Systems bis hin zu PC-Anwendungen zum Einsatz.

Auf Basis der bisherigen Erfahrungen bietet Glencon darüber hinaus auch Beratungsdienstleistungen im Bereich der Neuentwicklung sowie der Weiterentwicklung bestehender Produkte an.

### 3 Motivation

#### 3.1 PV Carport

Die E-Mobilität schreitet mit riesen Schritten voran. Die Ladeinfrastruktur darf nicht nur folgen, sondern muss in einem ausreichenden Maße, sowohl im Heimbereich wie auch im Gewerbesektor bereitstehen. Nur dann wird elektrisch fahren akzeptiert und ein erfolgreicher Beitrag zur Klimawende geleistet. Dafür werden in Zukunft hohe Ladeströme aufgebracht werden müssen, die in vielen Fällen in der Fläche nicht aus dem vorhanden Stromnetz entnommen werden können. Um die Versorgung der elektrischen Ladepunkte dennoch immer sicherstellen zu können, sind Carports mit integrierten Solardächern und homogenisierenden Speichersystemen eine interessante Lösung. Durch den Batteriepuffer wird sichergestellt, dass das Verteilnetz nicht zu stark belastet wird oder es sogar noch extra ertüchtigt werden muss.

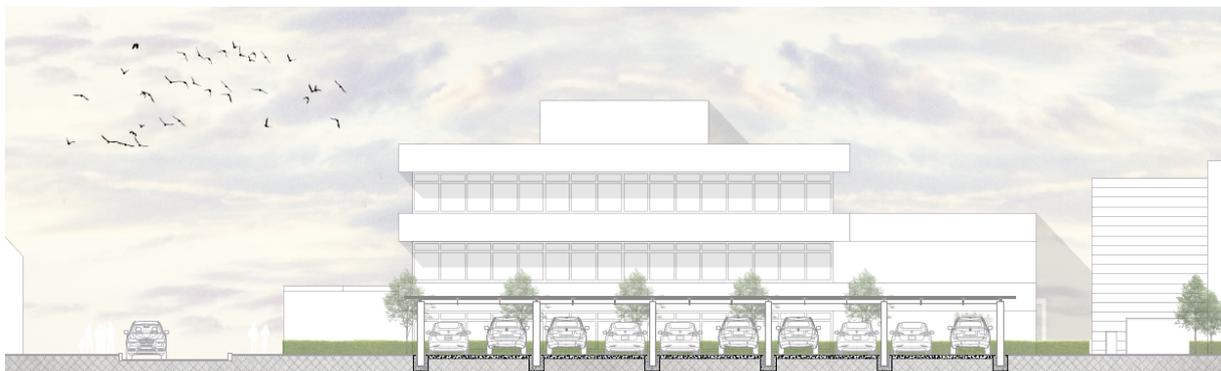
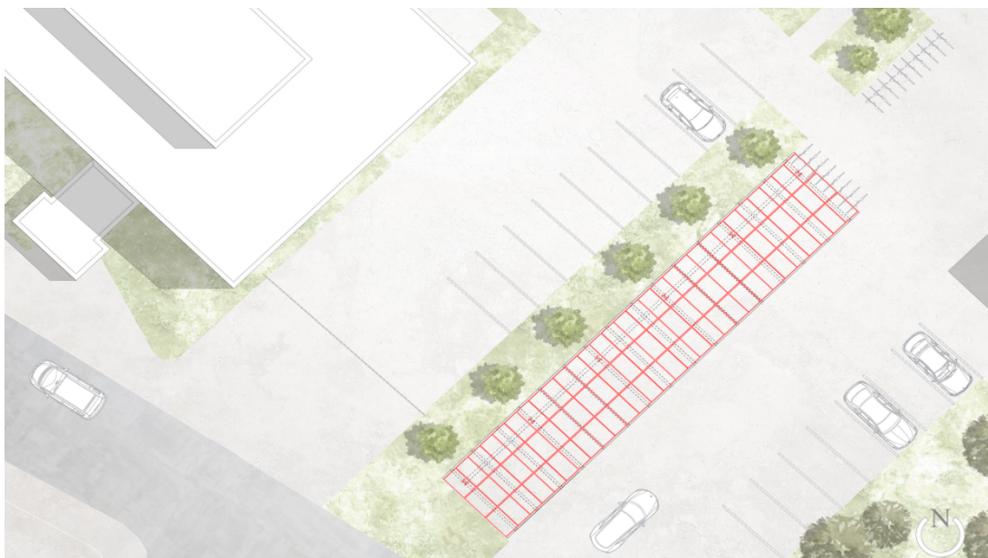


Abbildung 1: Zeichnung Draufsicht Carport

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Der Standort des Carports wurde so gewählt, dass ein bestehender Parkplatz in der Form erweitert wird, dass öffentliche und private Elektrofahrzeuge direkt Zugang finden können. Dies begrüßt auch die Gemeinde Umkirch und kann sich eine Nutzung und Beteiligung, vor allem in einer weiteren Ausbaustufe vorstellen.



*Abbildung 2: Zeichnung Vogelperspektive Carport*

Der solare Energieerzeuger sollte hierbei in ein innovatives Solardach integriert sein, bei dem die PV-Module zugleich das Dach des Carports bilden. Da diese Systeme noch nicht sehr weit verbreitet sind, wurde eine umfangreiche Marktrecherche durchgeführt und Gespräche mit mehreren Herstellern geführt.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

### 3.2 Ladeinfrastruktur

Die Rahmenbedingungen für den Verkehr im urbanen Raum haben sich in der jüngeren Vergangenheit erheblich verändert. Triebfedern sind neben dem Klimawandel auch die anhaltenden Diskussionen zur Reduzierung des Flächenverbrauchs.

Außerdem ist der Verkehrssektor in Deutschland einer der größten Treibhausgasemittenten und muss zum Erreichen des Pariser Klimaschutzabkommens seine Emissionen in den kommenden Jahren signifikant reduzieren.

Bis 2030 sollen hier die Emissionen in Bezug auf das Jahr 2019 fast halbiert werden (-48 %) (vgl. UBA2022a).

Allerdings ist die bestehende Ladeinfrastruktur aktuell hierfür noch ungenügend. Die deutsche Bundesregierung hat sich mit der Verabschiedung des *Masterplan Ladeinfrastruktur II* im Jahre 2022 das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 den Bau von einer Million Ladepunkte zu erreichen. Elektrofahrzeuge bzw. die in diesen verbauten Batterien können zu einer wichtigen Komponente der Energiewende werden. Die Batterien können als mobile, temporär verfügbare Zwischenspeicher von Energieüberschüssen Last- und Einspeisespitzen aufnehmen.

Dadurch begünstigen Sie den Ausbau und den Einsatz der Technologien. Die Kopplung der beiden Bausteine Mobilität und Energie bietet die Möglichkeit, dezentral erzeugte Energie besser nutzbar zu machen. Daraus ergibt sich der Ansatz, diese aus energetischer Sicht wichtigen Punkte für die Quartiere mit dem Thema Mobilität zusammenzuführen und

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

dezentrale Mobilitätsstationen zu errichten. Diese bieten einerseits einen Netzanschluss für die immer mehr an Bedeutung gewinnende Ladeinfrastruktur und zum anderen das Potenzial, selbst Energie erzeugen zu können. Ein intelligentes Management in diesen Mobilitätsstationen und eine lange & dezentrale Verfügbarkeit von Fahrzeugen an der Ladepunkten (bspw. am Arbeitsplatz) ermöglicht ein netzoptimiertes langsames Laden und ermöglicht eine Zwischenspeicherung von Energie in Elektrofahrzeugen zur Abfederung von Lastspitzen durch Schnellladung und stellt damit dadurch keine weitere Belastung bestehender Stromnetze dar.

Diese so zu entwickelnden „E-Hubs“ zur Ladung von Elektrofahrzeugen bestehen aus einer dynamischen Ladeinfrastruktur mit herkömmlichen AC Ladepunkten sowie auch DC-Schnellladepunkten für alle Anforderungsprofile einer unterschiedlichen Nutzerstruktur.

Zum Thema klimafreundliches Laden und CO<sub>2</sub> Einsparung möchten wir folgendes Beispiel anführen:

- Ein Auto stößt im Mittel 160 g CO<sub>2</sub>/km aus.
- Es benötigt 20 kWh/ 100 km.
- Mit einer solar erzeugten Energie, im vorliegenden Beispiel von 25.000 kWp, können 10 Fahrzeuge jeweils ca. 12.500 km pro Jahr fahren.
- ...oder in Summe: 20 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

### 3.3 Redox-Flow Batterie

Das energetische Rückgrat, um diese Anlage auch alltagstauglich zu machen und die Ladung bei Wolkendurchzug oder fehlendem Sonnenschein (nachts) sicherzustellen, bildet hierbei die innovative Vanadium Redox-Flow Batterie der neuesten Generation. Aufgrund der Nutzung von recyceltem Vanadium aus Abfällen der Petrochemie weist diese einen sehr guten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Herstellung auf.

Zusätzlich ist dieses Batteriekonzept so gestaltet, dass es nahezu unbegrenzt auf die jeweiligen Anforderungen nach Leistung und Kapazitäten durch einfaches Nachfüllen / Erweitern des Elektrolyten bzw. der Leistungs-Stacks, angepasst werden kann. Ein solches Speichersystem kann mit den steigenden Anforderungen in den kommenden Jahren wachsen und die nachhaltige und erfolgreiche Umsetzung der Mobilitätswende ermöglichen. Diese zwei Kernargumente der Nachhaltigkeit und der Modularität waren die Hauptgründe der Entscheidung den innovativen E-Hub mit dieser Batterietechnologie aufzubauen und auch zukünftig zu vermarkten.

Die komplexe Entwicklung, das Design und die Herstellung dieses innovativen Energiespeichersystems finden hierbei vollständig in Baden-Württemberg in Umkirch bei Freiburg statt.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

### 3.4 Systemische Integration

Dieses Teilprojekt umfasst Arbeiten, die erforderlich sind, um alle Komponenten sowie die Batterie 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 „1<sup>st</sup> 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 System, das die Ansteuerung der Batterie 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 zur Wahl. Die Motivation auch in diesem weiteren Produkt auf das OpenEMS zurückzugreifen, war damit naheliegend und auch richtig.

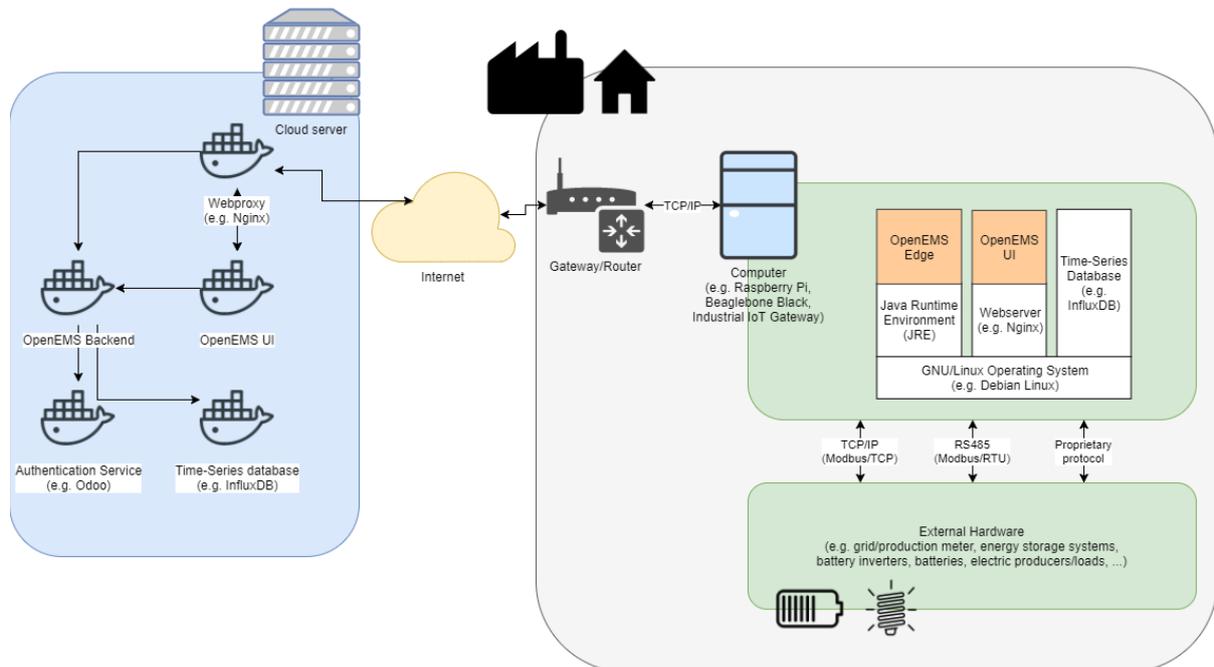


Abbildung 3: OpenEMS System-Architektur

Diese Lösung liegt in der Abkehr vom eindimensionalen Speicher, der lediglich seine Basisfunktion erfüllt. An einem sonnigen Sommertag ist die Batterie oftmals bereits am Vormittag voll oder im Winter über lange Zeiträume leer. Beide Zustände stellen unproduktive Zeiten dar. 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.

## **4 Projektmanagement & Umsetzung**

### **4.1 Allgemeine Beschreibung**

Das hier beschriebene Förderprojekt hatte drei Schwerpunkte. Auf der einen Seite die Entwicklung einer für die Anforderungen eines E-Ladehubs angepassten Redox-Flow Batterie sowie auf der anderen Seite das Energiemanagement, das die Komponenten der unterschiedlichen Hersteller nahtlos ineinandergreifen lässt und den gesamten Energiefluss in diesem Nukleus erfolgreich und verlustarm regelt, und drittens eine erfolgreiche und nahtlose Umsetzung vor Ort durch ein erfolgreiches Projektmanagement.

Dieses brachte einige Herausforderungen mit sich, da es eine neue Art der Zusammenstellung von unterschiedlichen Herstellern war, die noch keine Erfahrung miteinander hatten. Im Kapitel 4.3 „Herausforderungen im Projekt“, wie auch in Kapitel 4.4 „Lessons learned“ soll darauf noch einmal im Detail eingegangen werden.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## 4.2 Projektablauf & Meilensteine

Einer architektonischen Vorplanung mit ersten Skizzen und Ideen folgte die Entwurfsplanung. In diese Ausarbeitung flossen bereits die Berechnungen des Baustatikers mit ein. Daraus wurde die Genehmigungsplanung, die zum Bauantrag benötigt wurde, abgeleitet. Dieser Vorgang dauerte leider mehrere Monate. Erst danach folgten die Ausführungsplanungen, welche wiederum die Werkstattzeichnungen, Erd-, Fundament- und Stahlplanungen beinhalteten. Im Anschluss daran konnten die Erdarbeiten mit dem Verdichten und Setzen der Betonfundamente beginnt.

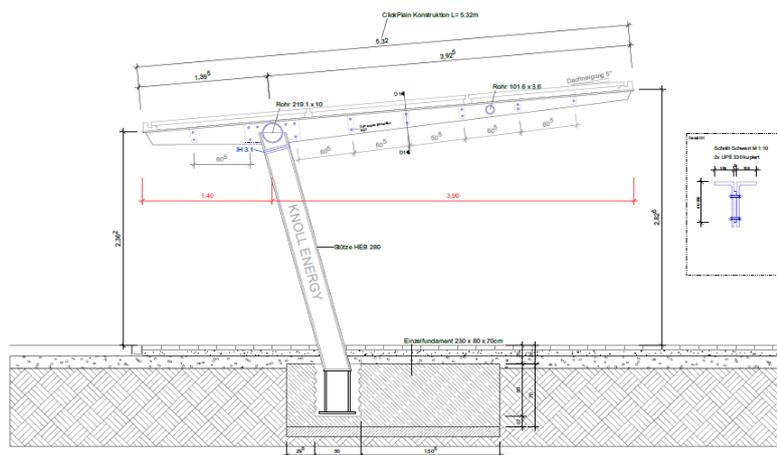


Abbildung 4: Hörenschnitt der Stahlkonstruktion mit Bodenfundamente

Die vorgefertigten Stahlträger wurden danach mit einem 20 t Autokran eingesetzt und in die vorbereiteten Fundamente eingelassen. Als nächster Schritt wurde die Tragkonstruktion für



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

die Glas-Glas PI-Module mit den Stahlträgern verschraubt. Anschließend konnte die elektrische Verkabelung der Module mit den Wechselrichtern erfolgen.

Anschließend wurde der Elektroschrank aufgebaut und mit dem bestehenden Stromnetz verbunden.

Alle Leitungen wurden durchgemessen und die gesamte Anlage in die IT-Struktur des Unternehmens aufgeschaltet.

Durch die schon erwähnten Lieferverzögerungen der Fa. Compleo wurde mit einer ca. 6-monatigen Verzögerung die Ladeinfrastruktur geliefert und direkt im Anschluss in Betrieb genommen.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Zum Ablauf des Projekts, hier die Terminierung der einzelnen Meilensteine:

Ergebnis / Meilenstein Nr.	Erreicht am
<i>Stellung des Bauantrags</i>	<i>Januar 2022</i>
<i>Konzepterstellung des Energieparks / Renderings / Energieflüsse</i>	<i>März 2022</i>
<i>Design der Redox Flow Batterie</i>	<i>März 2022</i>
<i>Bestellen der Komponenten für die Redox Flow Batterie</i>	<i>April 2022</i>
<i>Auslösen der Bestellungen bei den assoziierten Projektpartnern der Fertigteile</i>	<i>April 2022</i>
<i>Beginn der Integration &amp; projektspezifischen Programmierung des Energiemanagementsystems</i>	<i>Mai 2022</i>
<i>Von der unteren Baubehörde genehmigter Bauantrag &amp; Baubeginn</i>	<i>Juli 2022</i>
<i>Herstellung des Netzanschlusses</i>	<i>Aug. 2022</i>
<i>Tiefbauarbeiten für Carport &amp; Ladesäulen Plattform</i>	<i>Sept. 2022</i>
<i>Installation der Hardwarekomponenten</i>	<i>Nov. 2022</i>
<i>Inbetriebnahme des Energiemanagements und Testlauf</i>	<i>Nov. 2022</i>
<i>Inbetriebnahme PV, Netzanschluss &amp; Speicher</i>	<i>Dez. 2022</i>

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

<i>Betriebsbereitschaft Gesamtsystem (inkl. LIS)</i>	<i>April 2023</i>
--	-------------------

### 4.3 Herausforderungen im Projekt

Ein wichtiger Aspekt zum Gelingen des "SOL-LIS-FLOW-NET"-Projekts ist die bauliche Integration in das Firmenumfeld. Dabei sind nicht nur die energetischen Randbedingungen, wie z. B. die PV Carport Bedachung, sondern auch der Standort und die Größe bzw. die Anzahl der E-Ladepunkte selbst unbedingt zu beachten.

Vor allem die Anzahl und die Typen/Ladeleistungen der Ladesäulen sind auf die Ziele und Gegebenheiten des jeweiligen Unternehmens abzustimmen. Des Weiteren spielt natürlich auch die verfügbare Netzanschlussleistung eine entscheidende Rolle in der Auslegung und Dimensionierung.

In dem vorliegenden Fall hat man zusätzlich ein weiteres Unternehmen, DePuy Synthes aus der Johnson & Johnson Medical Gruppe, das sich auf dem erweiterten Gelände befindet, in die Vorplanung miteinbezogen. Daraus ergaben sich 9 AC Ladepunkte mit je 22 kW Ladeleistung und 1 Schnellladesäule mit 50 kW Ladeleistung. Somit wird sichergestellt, dass sowohl regelmäßige Nutzer und auch Gelegenheitsnutzer zufrieden gestellt werden können. Wegen zunehmender Auslastung in Zukunft kann der Zustand eintreten, dass die auf dem Carport-Dach installierte Leistung an solarem Ertrag nicht mehr ausreicht.

Dies bedingt bei der Grundplanung einen Stromspeicher für E-Ladungen in der Winterzeit bzw. der Dunkelheit vorzusehen. Auch aus diesem Grund wurde hier die Vanadium Redox



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Flow Batterie ausgewählt. Mit dieser Technologie lassen sich auch längere Zeiträume ohne PV-Stromertrag überbrücken. Zusätzlich kann der Speicher zukünftig dem erhöhten Energiebedarf für die immer weiter fortschreitende Elektrifizierung der Automobile auf einfache Weise Rechnung tragen.

Seine Speicherkapazität kann mit mäßigem Aufwand durch zusätzliche Tanks mit Elektrolyt erweitert bzw. auf den dann aufkommenden Bedarf angepasst werden. Damit dann auch genügend solare Erzeugung bereitsteht, sollten zusätzlich nutzbare PV Flächen bereits in der Grundplanung mitgedacht werden. Dies können PV Dächer, PV Zäune und/oder auch Freiflächen PV Anlagen sein.

#### 4.4 Lessons learned

Obwohl von Anfang an ein erfahrenes Projektteam etabliert wurde, konnten die geplanten Meilensteine nicht durchgängig und zeitgenau erreicht werden.

Ein Grund war der außergewöhnlich lange Zeitraum für die Genehmigung des Bauantrages. Hier könnte es zukünftig eine Lösung sein, die verantwortlichen behördlichen Stellen zu einem sehr frühen Zeitraum in die Vorplanung einzubeziehen, um hier bei Antragstellung keine unvorhersehbaren Verzögerungen entstehen zu lassen.

Der Großteil der Herausforderungen und den damit verbundenen „lessons learned“ waren den coronabedingten Nachwehen verschiedener Partner und Lieferanten geschuldet. Durch die globalen Herausforderungen und den damit verbundenen Schwierigkeiten in den

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Lieferketten wurde der Zeitplan des Projekts enorm nach hinten verschoben. Vor allem der Partner Compleo, der für die Lieferung der Ladeinfrastruktur zuständig war, hat die letzten zentralen Komponenten für die Fertigstellung erst im April 2023 geliefert. Leider wurde diese Situation erst lange nach dem zugesagten und planmäßigen Liefertermin erkennbar. Der Höhepunkt dieser Lieferschwierigkeiten gipfelte darin, dass Compleo kurz vor Beendigung des Projekts auch noch Insolvenz in Eigenverwaltung anmelden musste.

Diese Erfahrungen sollten für zukünftige ähnlich geartete Projekte genutzt werden, um enge und aufeinander abzustimmende Abläufe besser zu beherrschen. Ein Weg hierzu könnte die Zusammenarbeit mit regionalen und bekannten Partnern sein. Dies betrifft vor allem die Kerngewerke. Ein weiterer Aspekt für einen optimierten Ablauf ist die engmaschigere Überwachung und Definition der Meilensteine. Diese sollten dann mit einem Plan B abgesichert sein. Das bedeutet, auf zeitliche Verschiebungen zumindest in der Ressourcenplanung vorbereitet zu sein.

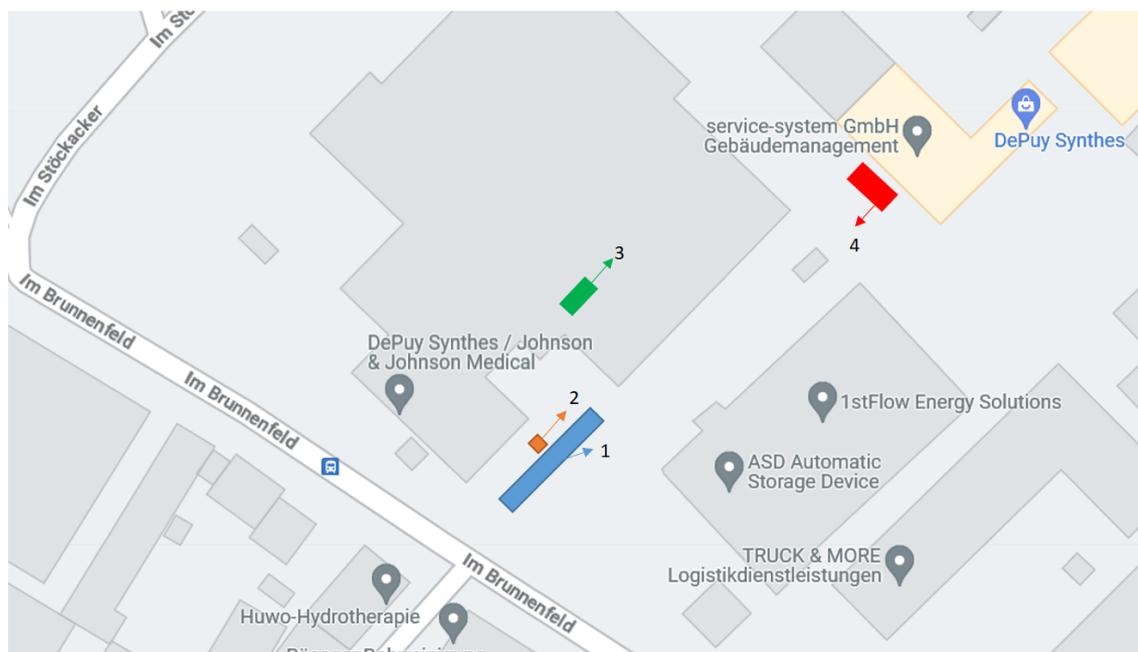
Zusätzlich sollte eine eingehende und umfangreiche technische Simulation des Gesamtprojektes hinsichtlich der Erzeugung und Steuerung der Energieströme in Betracht gezogen werden. Dadurch können eventuell auftretende Hardware, Beschaffungs- und Integrationsprobleme zeitlich und inhaltlich leichter kompensiert werden.

## 5 Aufbau / Ergebnisse

In diesem Kapitel wird der E-Hub, wie er nun final aufgebaut wurde, vorgestellt.

### 5.1 Integration in die bestehende Infrastruktur

Da das Projekt in die existierende Infrastruktur eingebettet wurde, musste man die vorhandenen Randbedingungen berücksichtigen. So mussten die einzelnen Systemkomponenten auf dem Firmengelände verteilt platziert werden.



1  : Carport mit LIS    2  : Zwischenverteiler    3  : Redox-Flow-Batterie    4  : NSHV / Transformatorhaus

Abbildung 5: Lageplan des 1st Flow Energy Systems Gelände

Der Carport und die Ladeinfrastruktur (LIS) wurden, wie auf den Bildern im Anhang dargestellt, am Eingang des Geländes platziert (1). Die elektrischen Schutzeinrichtungen, die PV- Wechselrichter und auch das LIS Management wurden im Zwischenverteiler (2)

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

zusammengeführt. Des Weiteren wurde die Redox-Flow Batterie (3) im benachbarten Gebäude (Gebäude B8) untergebracht.

Als letzte Komponente gilt es hier noch die Niederspannungshauptverteilung (NSHV) (4) zu erwähnen, an dessen Stelle die Energieflüsse zusammengeführt wurden und wo die Anbindung an das örtliche Verteilnetz stattfindet.

## 5.2 Einpoliger Übersichtsschaltplan & Integration in das Niederspannungsnetz

Für ein verbessertes Verständnis der elektrischen Projektstruktur wird hier das Mess- und Steuerungskonzept vorgestellt:

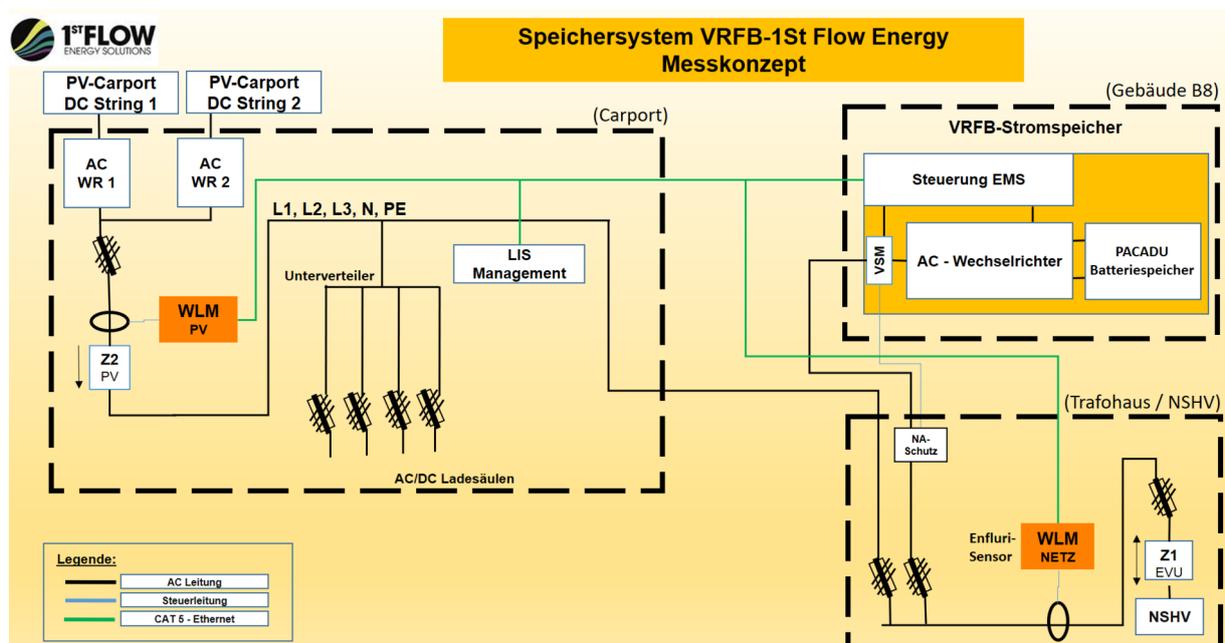


Abbildung 6: Einpoliger Schaltplan des Gesamt INPUT Konzeptes

Wie im Messkonzept ersichtlich, ist das Projekt im Wesentlichen in 3 Teile aufgeteilt.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Auf der einen Seite ist der Carport mit dem Zwischenverteiler. Auf dem Dach des Carports befindet sich die PV Anlage mit den Glas-Glas Modulen. Die gesamte PV Anlage ist DC seitig in 2 Modulstrings aufgeteilt. Die hier generierte Sonnenenergie wird dann durch 2 String Wechselrichter der Fa. SunGrow in netzkonformen Wechselstrom gewandelt.

In dem 3-phasigen Niederspannungsnetz, in das die Wechselrichter einspeisen, befindet sich auch direkt der Unterverteiler für die 5 Ladesäulen. Gemeinsam mit der Ladeinfrastruktur (LIS), dem Energie-Management und den notwendigen Sicherheitseinrichtungen, befindet sich alles im Zwischenverteiler (2):



Abbildung 7: Zwischenverteiler INPUT Gesamtsystem

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Des Weiteren befindet sich in dem 3-Phasigen Niederspannungsnetz noch die Vanadium-Redox Flow Batterie. Hier wird die DC Leistung aus den Stacks mit einer relativ geringen DC Spannung von 30 V in einem speziellen hochstromfähigen AC Wechselrichter für Redox-Flow Batterien gespeist. Dieser wird wiederum, wie in der VDE AR-4105 vorgeschrieben, von einem Netz-und Anlagenschutz (NA Schutz) abgesichert, um mögliche Interaktionen mit dem Netz bei einem Netzausfall zu verhindern.



*Abbildung 8: Niederspannungshauptverteiler*

Die gesamten elektrischen Ströme der PV Anlage, der Ladesäulen und des Batteriesystems laufen dann inkl. der EnfluRi Messung in der Niederspannungshauptverteilung (NSHV) zusammen. An dieser Messstelle findet auch die „null-Punkt“ Regelung statt, die sicherstellt,

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

dass vorrangig die Energie von der PV Anlage bzw. dem Speicher genutzt wird und nur als mögliches Backup das öffentliche Netz zur Verfügung steht.

### 5.3 Der Batteriespeicher

Da am Redox-Flow Batteriespeicher noch kontinuierlich weiter optimiert wird, wurde dieser in einer benachbarten Halle (Gebäude B8) aufgebaut, um einen besseren Zugang zu ermöglichen.



*Abbildung 9: Redox-Flow Batteriespeicher*

Es handelt sich um eine Anlage aus der Nullserie eines zukünftigen Produkts der 1st Flow Energy Systems GmbH.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Diese Produktreihe vom Typ Beta kann mit bis zu 60 kW-Leistung und bis zu 300 kWh Kapazität ausgestattet werden.

Für das Projekt wurde die Anlage mit 6 Stacks und ca. 6.500 Liter Elektrolyt ausgestattet, was einer Entladekapazität von 130 kWh entspricht.

Zum Einsatz kam hierzu ein Entwicklungselektrolyt, welcher aufgrund einer reduzierten Molarität eine verringerte Kapazität hat, aber höhere Betriebstemperaturen für den Elektrolyten erlaubt.

Die Anordnung der Stacks auf der Anlage erlaubt eine effektive Temperaturkontrolle, ohne das kostenintensive Komponenten, wie Klimaanlage und / oder Wärmetauscher verbaut werden müssen.

Dadurch wird sichergestellt, dass vor allem die Anforderungen einer dynamischen Ladeinfrastruktur optimal bedient werden können.

Die interne Steuerung und Überwachung des Vanadium Redox-Flow Batterie Systems erfolgt mittels eines Batterie-Management-Systems. Dies beinhaltet alle systemrelevanten Daten, wie z. B. SOC, SOH, Temperatur, Durchflussmengen, die zur Bereitstellung der Energie für die Ladeinfrastruktur notwendig sind.

Die Übertragung und Überwachung der Energieflüsse nach außen erfolgt über das OpenEMS. Hierzu werden durch ein ModBus Protokoll die Zustandsdaten gesendet und die Steuerungsdaten empfangen.

Als Wechselrichter wird in der Anlage aktuell ein TRUMPF-Hüttinger AC3020 verwendet.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

Dieser stellt die Transformation der Energie von der DC zur AC Netzseite sicher.

Durch die systemimmanente Struktur der Redox-Flow Batterie, also die Trennung der Leistungskomponenten(Stacks) und der Energieeinheiten (Elektrolyte Tanks), ist dieser Batterietyp hervorragend für den Einsatz in Verbindung mit Einzel PV Anlagen auf einem Carport und/oder in Kombination mit zusätzlichen PV Anlagen geeignet.

Sie kann nämlich sehr leicht durch alleiniges Auffüllen der Elektrolyte Tanks an einen gesteigerten Energiebedarf für weitere zukünftige E-Ladesäulen angepasst werden.



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## **6 Notwendigkeit der Förderung**

Die in diesem Projekt ausgeführten Maßnahmen gehen weit über das hinaus, was derzeit am Markt etabliert ist. Die in diesem Projekt durchgeführten Arbeiten haben die notwendigen Erkenntnisse geliefert, um das Einsatzspektrum von Redox Flow Speichertechnologien zur Stabilisierung und Machbarkeit von zentralen E-Ladeparks wesentlich zu erweitern und betriebswirtschaftlich optimiert einzusetzen. Das Vorhaben barg erhebliche Risiken bei der Entwicklung und Realisierung, wodurch eine kommerzielle Umsetzung ohne Förderung unter den momentanen Rahmenbedingungen für uns als junges Unternehmen so ausgeschlossen gewesen wäre.

Die wesentliche Herausforderung bestand in der Generalisierung der individuellen Prozess- und Verbrauchscharakteristiken von solaren Erzeugern und orts aufgelösten synthetischen antizipierten Profilen der Verbraucher in einer Regelung für einen solchen E-Ladehub zu organisieren.

Die aufgezeigten Kosten und Risiken hätten, wie oben schon erwähnt, nicht alleine durch die 1st Flow getragen werden können und wir sind froh, dass diese Erfahrungen und das notwendige Know-how mithilfe der Unterstützung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg ermöglicht wurde und wir bedanken uns recht herzlich dafür!



FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## **7 Verwertung**

Die Erfahrungen aus dem vorliegenden Projekt können als Grundlage, Leitfaden und Unterstützung für zukünftige batteriegestützte Carports dienen.

Vor allem durch die Batteriepufferung, zum einen für die Bereitstellung der notwendigen Energie, aber auch durch die Leistungsbereitstellung wird sichergestellt, dass vorhandene Verteilnetze nicht zusätzlich belastet werden.

Außerdem kann es sogar im bebauten Bestandsgebiet Möglichkeiten eröffnen, um E-Ladeinfrastrukturen aufzubauen, ohne die bestehenden Netze weiter ertüchtigen zu müssen.

Für die Fa. 1st Flow, als Fördernehmer, ist die Verwertung klar als Chance interpretiert worden, nicht nur ein Leuchtturmprojekt für die Machbarkeit eines innovativen E-Ladehubs aufzuzeigen, sondern vor allem auch damit die Möglichkeit zu prüfen, diese Art von Carport zusätzlich in das Produktportfolio mitaufzunehmen. Nicht zuletzt um damit auch den Innovationsstandort Baden-Württemberg zu stärken und die Energiewende weiter voran zu treiben.

FKZ: BWINP 22013

Projekt: SOL-LIS-FLOW-NET

## 8 Anhang: Bilder vom Carport



Abbildung 10: Frontperspektive des Carports mit Schnelladesäule am linken Bildrand



Abbildung 10: Rückseite vom Carport