

Forschungsbericht BWPLUS

DualCharge @Home @Work
Integriertes Heim- und Firmenladen an der RaumFabrik

von

Andreas Fischer, Stefan Basaric, Dominik Mock

FZI Forschungszentrum Informatik (FZI)
Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswirtschaft und Technologiemanagement (IAT)
Dritte RaumFabrik Vermietungsgesellschaft GmbH & Co. KG Durlach

Förderkennzeichen: BWINP 21125, BWINP 21127, BWINP 22101

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

Januar 2023

Inhaltsverzeichnis

1.	Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse.....	3
2.	Motivation und Hintergründe des Vorhabens.....	4
3.	Aufgabenstellung	4
4.	Stand der Wissenschaft und Technik	5
5.	Planung und Ablauf des Vorhabens	8
	Akteure und Zusammenarbeit	8
	Arbeitsplan	9
	Ablauf.....	11
	AP 1: Projektmanagement.....	11
	AP 2: Auswahl, Beschaffung und Koordination der Installation	11
	AP 3: Systemintegration	16
	AP 4: Ladepläne	21
	AP 5: Integration der Testfeldlösung in die Gesamtplattform	23
	AP 6: Evaluation	24
	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	24
	Erzielte Ergebnisse	25
6.	Verwertungsplan	25
7.	Veröffentlichungen	27



1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Im Rahmen des vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg über den Förderaufruf „Intelligente Netzanbindung von Parkhäusern und Tiefgaragen (INPUT)“ geförderten Projekts „DualCharge @Home @Work — Integriertes Heim- und Firmenladen an der Raumfabrik“ wurde eine modulare, standardisierte Ladeinfrastruktur mit intelligentem Lademanagement- und Abrechnungssystem entwickelt. Dazu wurden auf dem Areal des Gewerbeparks RaumFabrik in Karlsruhe-Durlach insgesamt 56 Ladepunkte an fünf Standorten installiert, ohne dass eine Erhöhung der Netzanschlussleistung notwendig wurde. Weitere fünf Ladepunkte wurden bei ausgewählten Pilothaushalten installiert, die es ermöglichen, das Firmenfahrzeug auch zu Hause zu laden. Wesentliches Ergebnis des Projektes ist eine prototypische Plattform, die die Abrechnung der Ladevorgänge gegenüber den Raumfabrik-Mietern/Arbeitgebern transparent ermöglicht. D.h. alle Ladevorgänge von Firmenfahrzeugen werden berücksichtigt, egal ob während der Arbeit auf dem Firmenparkplatz (hier exemplarisch an einem der 56 Raumfabrik-Parkplätze) oder zu Hause am privaten Ladepunkt (hier exemplarisch an einem der 5 Pilothaushalten): Charge@Work und Charge@Home mit einer Rechnung!



Abbildung 1: Der Gewerbebüropark RaumFabrik in Karlsruhe-Durlach mit 1.500 Parkplätzen wird mit einem neu entwickelten intelligenten Lademanagement mit automatisierter Abrechnung ausgestattet.

2. Motivation und Hintergründe des Vorhabens

Perspektivisch ist bei Dienstwagenflotten mit einer Verdrängung von kraftstoffbetriebenen durch batterieelektrische Fahrzeuge zu rechnen. Um die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen bei Firmenwagenfahrern zu erhöhen, ist neben der Verfügbarkeit von Ladepunkten eine möglichst komfortable Abrechnung der Ladevorgänge notwendig - im Komfort vergleichbar mit Tankkarten bei Verbrennern („überall tanken, der Arbeitgeber bezahlt“). Von Bedeutung sind dabei insbesondere die Szenarien Laden am Arbeitsplatz (Charge@Work) und Laden am Wohnsitz (Charge@Home).

Im Szenario Charge@Work ist die erste Herausforderung, dass die zur Verfügung stehende elektrische Anschlussleistung nicht ausreicht, um viele Fahrzeuge gleichzeitig zu laden. Die Ladevorgänge müssen daher so koordiniert werden, dass die maximale Anschlussleistung zu jeder Zeit eingehalten wird. Darüber hinaus hat der Ladepunktbetreiber ein wirtschaftliches Interesse an der Reduktion der Jahreshöchstlast und der Reaktion auf externe Anreize des Energieversorgers (z.B. dynamische Stromtarife) oder Netzbetreibers (z.B. netzdienliche Steuerung gemäß §14a EnWG), das bei der Ladeoptimierung mitberücksichtigt werden muss.

Im Szenario Charge@Home besteht die Herausforderung darin, dass heimische Ladepunkte sowohl für geschäftliche als auch für private Ladungen verwendet werden können. Hier ist sicherzustellen, dass nur geschäftliche Ladungen über den Arbeitgeber abgerechnet werden. Außerdem soll die Ladeoptimierung sicherstellen, dass eventuell lokal erzeugter PV-Strom bevorzugt in das Fahrzeug eingespeist wird. Zusätzlich können auch in diesem Szenario externe Anreize des Energieversorgers und Netzbetreibers in der Ladeplanung berücksichtigt werden. Die Kommunikation dieser Anreize wird in Zukunft über die gesetzlich vorgesehene Smart-Meter-Gateway-Infrastruktur geschehen müssen.

Szenarioübergreifend ist eine Zusammenführung der abrechnungsrelevanten Informationen von Charge@Work und Charge@Home in einem gemeinsamen Backend notwendig, um Vermietern (RaumFabrik Durlach), Mietern (Flottenbetreibern) sowie Mitarbeitern (Firmenwagenfahrern) zielgruppengerechte Einblicke zu Ladevorgängen und Abrechnungen zur Verfügung zu stellen. Diese Informationen sollen über das RaumFabrik Portal zur Verfügung gestellt werden, das Vermieter, Mietern und Mitarbeitern als zentrale Informationsplattform dient und alle relevanten Informationen visualisiert.

Später (bzw. bei ersten innovativen Stromtarifen bereits heute) wird es in der Praxis Anreize geben, die Flexibilität der Ladevorgänge zu nutzen und nach dynamischen Strompreisen zu optimieren bzw. beide Szenarien zusammenzuführen und kombiniert Richtung Markt zu optimieren.

3. Aufgabenstellung

Ziel des Projekts ist der Aufbau einer modularen, standardisierten Ladeinfrastruktur mit intelligentem Lademanagement- und Abrechnungssystem mit (a) insgesamt 50 reservierbaren Ladepunkten für die RaumFabrik Durlach ohne, dass eine Erhöhung der Anschlussleistung nötig wird und (b) 5 Ladepunkten an ausgewählten Pilothaushalten, die es ermöglichen, das Firmenfahrzeug auch zu Hause zu laden. Wesentliches Ergebnis des Projektes ist eine prototypische Plattform, die die Abrechnung der Ladevorgänge gegenüber den Raumfabrik-Mietern/Arbeitgebern transparent ermöglicht. D.h. alle Ladevorgänge von Firmenfahrzeugen

werden berücksichtigt, egal ob während der Arbeit auf dem Firmenparkplatz (hier exemplarisch an einem der 50 Raumfabrik-Parkplätze) oder zu Hause an der privaten Ladesäule/Wallbox (hier exemplarisch an einem der 5 Pilothaushalten): Charge@Work und Charge@Home mit einer Rechnung.

Die Infrastruktur soll so konzipiert sein, dass sie später auf weitere der insgesamt 1.500 Stellplätze der RaumFabrik ausgeweitet werden kann. Dabei sollen auch Stellplätze des öffentlichen Carsharing-Providers Stadtmobil Karlsruhe mit Ladepunkten ausgestattet und in das Lastmanagement und das Abrechnungssystem integriert werden. Der Partner Stadtmobil baut sein Angebot an Elektrofahrzeugen im Fuhrpark kontinuierlich aus und wird dann am Standort RaumFabrik auch neu angeschaffte Elektrofahrzeuge zur Verfügung stellen können. Das Lademanagement soll dabei die Ladevorgänge unter Berücksichtigung der Fahrzeugreservierungen priorisieren. Dazu wird das Buchungssystem von Stadtmobil über eine Schnittstelle an das RaumFabrik-Portal und Lademanagement angebunden. Hier soll es auch möglich sein, die am Standort RaumFabrik verfügbaren Stadtmobil-Fahrzeuge zu reservieren.

Im RaumFabrik-Portal können die Ladepunkte gefunden und reserviert werden. Hier kann auch der Zustand der Ladepunkte, die dort durchgeführte Ladevorgänge sowie die monatlichen Abrechnungen abgerufen werden.

Kern der Projektidee ist das Ermöglichen der komfortablen Abrechnung von auf dem Firmenparkplatz sowie zu Hause durchgeführten Ladevorgängen über den Arbeitgeber, in Kombination mit szenariospezifischem intelligentem Lademanagement. Die wesentlichen geplanten und umgesetzten Beiträge des Projekts sind nachfolgend zusammengefasst:

- 1) Charge@Work
 - Installation von ca. fünfzig Ladepunkten auf Firmenparkplätzen am Raumfabrik-Gewerbepark
 - Ladeverwaltung und Einblicke in die Ladesituation auf den Firmenparkplätzen
 - Lademanagement auf Firmenparkplätzen
- 2) Charge@Home
 - Installation von ca. fünf Ladepunkten im Heimszenario bei RaumFabrik-Mitarbeitern als Piloten
 - Erfassung geschäftlicher Ladevorgänge
 - Lademanagement zu Hause
- 3) Bill once! (via Integrationsplattform)
 - Abrechnungsservice zur Zusammenführung von auf dem Firmenparkplatz sowie zu Hause geladenen Ladevorgängen
 - Portal für Vermieter, Mieter und Mitarbeiter für zielgruppengerechte Einblicke

4. Stand der Wissenschaft und Technik

Charge@Work und Flottenenergiemanagement

Die in diesem Projekt geplante ganzheitliche Betrachtung des optimierten Ladens von (Carsharing- sowie Firmen-) Elektrofahrzeugen in Kombination mit Flotten- bzw. Energiemanagement ist zwar Gegenstand aktueller Forschung, derzeit allerdings kaum operativ mit einer größeren Anzahl von Fahrzeugen oder Ladestationen umgesetzt. Insbesondere in

Bereichen, in denen Buchungs- bzw. Dispositionssysteme und Energiemanagementsysteme gekoppelt werden, finden sich zum jetzigen Zeitpunkt kaum Praxisbeispiele.¹

In anderen Forschungsarbeiten werden vor allem homogene Ladestandorte mit gut planbaren Nutzungsszenarien berücksichtigt. Diese Forschungsarbeiten konzentrieren sich dabei vor allem auf organisationseigene Fahrzeugressourcen, um die Komplexität der IT-Systeme, der Prozesse und der Steuerungsalgorithmik zu reduzieren.² Die Kombination von organisationseigenen Fahrzeugen und organisationsfremden Fahrzeugen und dadurch die Koordination mehrerer Flottenbetreiber an einem Standort, unter Berücksichtigung verschiedener Nutzergruppen und Nutzungsarten der Fahrzeuge und der Ladestationen selbst, wird im aktuellen Stand der Technik bisher nicht berücksichtigt. In diesem Zusammenhang ist es vor allem wichtig die Planung der Ladevorgänge und die tatsächliche Regel- und Steuerungsprozesse am Ladepunkt basierend auf realen Messdaten aufeinander abzustimmen.³ Durch die größere Anzahl der zu steuernden Systemkomponenten und die damit verbundene große Menge an Randbedingungen für die Optimierung aus den verschiedenen Systemen kann die Berechnung eines optimalen Ladeprofils langwierig sein. Die so generierten Ladeprofile müssen dann in geeigneter Art und Weise an den Nutzer kommuniziert werden.⁴

Viele Forschungsarbeiten in Richtung Elektrofahrzeuge im Carsharing konzentrieren sich auf die Planung der Infrastruktur, insbesondere der Wahl der Standorte.⁵ Für Ladeoptimierungen im Carsharing-Kontext finden sich in der Literatur beispielsweise Ansätze, in denen Algorithmen zum optimierten Laden von Carsharing-Flotten mit variablen Strompreisen beschrieben werden.⁶ Solche Ansätze spiegeln jedoch nicht die Bedürfnisse heutiger energiewirtschaftlicher Gegebenheiten in Deutschland wider. In der heutigen Praxis überwiegt das Problem der begrenzten Anschlussleistung. Ansätze zur Reduktion der aggregierten Leistung durch eine intelligente Priorisierung von Ladevorgängen und damit verbundene Potenziale wurden von den Antragstellern im Rahmen vorangegangener Auftragsforschung für Projektpartner bereits praxisnah untersucht und quantifiziert.⁷ Im Rahmen einer existierenden Fahrzeugflotte mit 10 Ladestationen wurde beispielhaft aufgezeigt, dass die benötigte Anschlussleistung ohne Reduktion der Mobilität um 44% reduziert werden konnte.

Beispiele für das Lademanagement von Flotten liefert das Unternehmen The Mobility House GmbH. Deren Produkte adressieren ebenfalls das optimierte Laden von Elektrofahrzeugflotten oder einzelner Fahrzeuge an öffentlichen Einrichtungen, jedoch in aller Regel nicht in Kombination mit Reservierungsinformationen. Insbesondere im Zusammenspiel mit einer Carsharing-Buchungsplattform oder im Zusammenspiel mit einem vorhandenen Energiemanagementsystem sind keine fertigen Produkte bekannt. Weitere Unternehmen, wie Alfen und KEBA, bieten Ladestationen mit integrierter Leistungsbegrenzung an. Diese Art der Drosselung ist jedoch statisch und limitiert zugleich alle Fahrzeuge – entweder alle zugleich oder

¹ vgl. Ostermann; Kötter (2016); [Energy-Management-as-a-Service. Mobility aware energy management for a shared electric vehicle fleet](#)

² vgl. Hu et. Al. (2016); [Electric vehiclefleet management in smart grids: A review of services, optimization and control aspects](#)

³ vgl. Frendo, Gaertner, Stuckenschmidt : Real-Time Smart Charging Based on Precomputed Schedules

⁴ vgl. Huber et.al (2019): [Quo Vadis Smart Charging? A Literature Review and Expert Survey on Technical Potentials and User Acceptance of Smart Charging Systems](#)

⁵ vgl. Brandstätter, Leitner, Ljubic: [Determining optimal locations for charging stations of electric car-sharing systems under stochastic demand](#), 2017.

⁶ vgl. Bond, Baldrini, Bruno: [Optimal Charging of Electric Vehicle Fleets for a CarSharing System with Power Sharing](#), 2016.

⁷ vgl. Rominger, Lösch, Schmeck: [Utilization of electric vehicle charging flexibility to lower peak load by controlled charging \(G2V and V2G\)](#), 2019.

unter Vergabe fixer Prioritäten pro Ladepunkt. Im Gegensatz hierzu kann die im Rahmen dieses Projekts angestrebte Berücksichtigung von Nutzungs-/Buchungsinformationen zu einer signifikanten Komfortsteigerung bzgl. der erreichten Lademenge genutzt werden, da die Berücksichtigung bekannter mobilitätsseitigen wie auch energiesystemseitigen Randbedingungen erlaubt, dass nicht mehr alle Fahrzeuge zugleich statisch gedrosselt werden müssen.

Charge@Home und Abrechnung

Im Heimbereich bieten Unternehmen wie beegy und Sonnen Lademanagementsysteme für den optimierten Eigenverbrauch von Solarstrom und damit auch den reduzierten Netzbezug an. Der Fokus in diesen Heimplade-Szenarien liegt dabei stets auf einzelnen Fahrzeugen und einer festen Zuordnung von Ladestation zu Elektrofahrzeug (wie gängig bei privater Ladestation zu Hause). Die Kombination der unterschiedlichen Nutzungsszenarien, wie das Laden zu Hause, Charge@Home über eine SMGW-Konforme Lösung, und das Laden auf dem Firmenparkplatz, Charge@Work durch eine industriestandard-konforme Backendlösung, ergibt die Notwendigkeit die Abrechnungs- und Nutzungsprozesse gegenüber dem Nutzer zu untersuchen und neu zu definieren. Das im Rahmen dieses Projekts untersuchte Szenario Charge@Home ermöglicht Mitarbeitende ihr zur dienstlichen und privaten Nutzung überlassenes Elektrofahrzeug an der heimischen Ladestation zu laden. Damit geschieht die Ladung zunächst zu Lasten des Mitarbeiters. Prinzipiell verlangt die Finanzverwaltung für die steuerfreie Erstattung von Kosten durch den Arbeitgeber regelmäßig Einzelnachweise der entstandenen Kosten.⁸ Der Nachweis der Ladestromkosten kann durch einen gesonderten geeichten Zähler und regelmäßige Übermittlung der Zählerwerte erbracht werden. Ungelöste Herausforderung dabei ist, dass bei diesem Vorgehen die heimische Ladestation ohne weitere Lösungen ausschließlich von den Fahrzeugen eines Arbeitgebers genutzt werden. Die private Nutzung (z.B. durch Ehepartner, Zweitwagen) oder die Nutzung durch Mitarbeiter eines anderen Arbeitgebers ist nicht möglich, da dadurch der Zählerstand nicht mehr statisch einem Arbeitgeber zugewiesen werden kann.

Da es bisher an entsprechenden Abrechnungslösungen fehlt, lässt die Finanzverwaltung zur Vereinfachung des steuerfreien Auslagenersatzes Status quo die Verwendung von monatlichen Pauschalen zu, mit denen der Arbeitgeber dem Arbeitnehmer für Heimpladungen vergüten darf. Für das Jahr 2020 beträgt die Pauschale 20 EUR für Elektrofahrzeuge (10 EUR für Hybridfahrzeuge), sofern eine zusätzliche Lademöglichkeit beim Arbeitgeber gegeben ist und 50 EUR für Elektrofahrzeuge (25 EUR für Hybridfahrzeuge), sofern keine zusätzliche Lademöglichkeit beim Arbeitgeber gegeben ist. Status quo können vom Arbeitgeber als Sonderregelung Pauschalen in Höhe von 30 EUR (15 EUR) bzw. 70 (35 EUR) geltend gemacht werden. Die Abrechnung erfolgt in diesem Fall ohne die Ermittlung der exakten Energiemenge und ist auf den Betrag der Pauschale begrenzt. Daher eignet sich diese Variante der Abrechnung nicht für Vielfahrer. Im Gegensatz zu vorhandenen Arbeiten erfolgt die Ermittlung der Energiemenge beim Heimpladen mit der geplanten Lösung DualCharge exakt und es wird sowohl das geschäftliche als auch das private Laden an derselben Ladestation ermöglicht.

Insbesondere im Heimszenario ergeben sich hohe Synergieeffekte durch die Erfassung der Heimpladevorgänge für die Abrechnung und die gleichzeitige Umsetzung eines intelligenten Lademanagements. Auf Basis der ohnehin erfolgten technischen Erschließung bietet sich dort die Umsetzung eines Lademanagement mit Berücksichtigung von Eigenerzeugung durch Photovoltaik, dynamischer Netzrestriktionen sowie künftig dynamischer Tarife über intelligente Messsysteme an. Aktuell finden Diskussionen um den BMWK-Referentenentwurf zur

⁸ vgl. https://www.haufe.de/personal/entgelt/elektro-dienstwagen-privates-aufladen_78_426076.html

Reformierung des §14a EnWG statt.⁹ Dies würde die Integration von weiteren stichhaltigen Randbedingungen in Lademanagementalgorithmen ermöglichen. Hierbei wird der mittlerweile gestartete, langsam hochlaufende, Rollout intelligenter Messsysteme eine räumlich und zeitlich feingranularerer Anreizsetzung, als heute mit der Rundsteuertechnik technisch verfügbar, ermöglichen. Durch den durch das BMWi im Messstellenbetriebsgesetz klar definierten Rolloutplan intelligenter Messsysteme und durch aktuelle Diskussionen bzgl. der Spitzenglättung ist davon auszugehen, dass während der geplanten Projektlaufzeit mit einer Novellierung des §14a EnWG zu rechnen ist. Der am 22.12.2020 vorgelegte und dann vom BMWi am 15.01.2021 wieder zurückgezogene Referentenentwurf zur Novellierung des §14a EnWG sah vor, eine dynamische Leistungsobergrenze für §14a-Anschlüsse zu kommunizieren, auf die flexible Letztverbraucher, wie Elektrofahrzeuge, über entsprechende Schnittstellen reagieren können. Darüber hinaus fordert die EU-Richtlinie 2019/944/EU die Integration von traditionell passiven Letztverbrauchern in die Stromnetze und Energiemärkte, insbesondere durch die Pflicht zum Angebot dynamischer Stromtarife für Stromlieferanten ab einer gewissen Kundengröße. Lastverschiebungsanreize durch §14a EnWG sowie durch dynamische Strompreise kommen heute nicht zum Einsatz, werden in naher Zukunft aufgrund der sich abzeichnenden Änderungen im regulatorischen Umfeld jedoch erwartet. Dass es in der Praxis bisher keine entsprechenden Lösungen gibt, liegt zum einen darin begründet, dass es bisher zum einen an der technischen Infrastruktur mangelte (Verzögerung SMGW-Markterklärung durch BSI) und zum anderen die regulatorische Grundlage für eine wirtschaftlich angereizte Ladevorgangsflexibilisierung fehlte (Weiterentwicklung §14a EnWG + marktbasierter dynamischer Strompreise). Insbesondere im Szenario Charge@Home ergeben sich durch die eingesetzte Infrastruktur intelligenter Messsysteme somit nicht nur Potenziale zur messtechnischen Erfassung und Zuordnung der Ladevorgänge, sondern gleichzeitig ergeben sich über die standardisierte Infrastruktur Potenziale, die Ladevorgänge mit geringem Overhead zu flexibilisieren. Diese technische und regulatorische Weichenstellung wird im Projekt explizit adressiert. Daher wird die integrierte Abrechnung von Charge@Work und Charge@Home aufgrund der konkret zu erwartenden Änderungen gemeinsam mit dem entsprechendem Energiemanagement betrachtet.

5. Planung und Ablauf des Vorhabens

Akteure und Zusammenarbeit

Vollpartner im Projekt sind die RaumFabrik Durlach (Parkplatzbetreiber), das FZI (mit umfangreicher Erfahrung im Szenario Charge@Home) und die Uni Stuttgart/IAT (mit umfangreicher Erfahrung im Szenario Charge@Work). Personalaufwände haben das FZI und die Uni Stuttgart. Zusätzlich sind als assoziierte Partner per Unterauftrag SevenZone (Integrationsplattform v.a. zur Abrechnung), Stadtmobil (Buchungsschnittstelle zum Car-Sharing) sowie die Stadtwerke Karlsruhe Netzservice (zur VNB-konformen Installation der intelligenten Messsysteme) vorgesehen.

Nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Zusammenspiel der beiden Szenarien — Charge@Work und Charge@Home — über das SevenZone-Backend, welches als verbindende Plattform die einheitliche Abrechnung der Ladevorgänge über den Arbeitgeber ermöglicht.

⁹ vgl. <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/bund-zieht-gesetzentwurf-zu-steuerbaren-verbrauchseinrichtungen-zurueck/>

werden. Dadurch ergab sich für das Vorhaben lediglich eine Laufzeit von 14,5 Monaten, wobei die Zeit in Absprache mit dem Projektträger entsprechend in AP6: Evaluation gekürzt werden sollte.

In Hinblick auf die Meilensteine war ursprünglich geplant:

Meilenstein 1; 3 Monate nach Start:

- Gesamtsystemarchitektur definiert und mit Partnern abgestimmt
- Anforderungskatalog, Umsetzungsplan und Lastenheft für beide Teilstandorte fertiggestellt
- Ladeinfrastruktur ausgewählt, Einbau beauftragt und terminiert
- Finale Betriebsstrategie unter Berücksichtigung aller relevanten Rahmenbedingungen inkl. Umsetzungsplan erarbeitet

Meilenstein 2; 6 Monate nach Start:

- Ladeinfrastruktur installiert
- Alle errichteten Ladestationen auf dem RaumFabrik-Parkplatz sind kommunikativ an die Ladeinfrastruktur-Management-Plattform angebunden und in Betrieb
- Über die Plattform vorgegebene Leistungsvorgaben können von der Ladeinfrastruktur korrekt umgesetzt werden
- Fokus auf technischer Steuerbarkeit, noch keine operative Berücksichtigung von Reservierungsinformationen

Meilenstein 3; 9 Monate nach Start:

- Prototyp implementiert und getestet: Ladepunkt im Home- und Work-Szenario über Plattform gesteuert
- Priorisierung der Ladung Charge@Work unter Berücksichtigung der Reservierungsinformationen funktionsfähig über die ubstack-Plattform in Betrieb
- Ladevorgänge Charge@Home über das EMS des FZI angebunden
- Einbindung der Reservierungsinformationen über Carsharing-Plattform abgeschlossen

Meilenstein 4; 12 Monate nach Start:

- Operativer Betrieb der RaumFabrik Plattform mit den zwei Szenarien Charge@Home und Charge@Work inkl. Stadtmobil-Buchungssystem integriert
- Funktionsfähige, nutzbare Ladeinfrastruktur bei der RaumFabrik vollständig ausgerollt und in Betrieb, weitere Systemanpassungen abgeschlossen
- 5 Ladepunkte Charge@Home operativ an die RaumFabrik-Plattform angebunden und in Betrieb
- Ladestationen für Carsharing auf dem RaumFabrik-Parkplatz operativ in Betrieb

Meilenstein 5; 18 Monate nach Start:

- Evaluation abgeschlossen
- Bewertung der Gesamtwirtschaftlichkeit durch das optimierte Ladekonzept und die Schaltungs-/Steuerungstechniken im Vergleich zu konventionellem Stand der Technik erfolgt
- Abschlussbericht erstellt, Projekt abgeschlossen
- Transfer über das Projektende hinaus sichergestellt

Ablauf

AP 1: Projektmanagement

Zunächst wurde ein Kickoff-Treffen zur initialen Abstimmung aller Projektpartner veranstaltet. Im Verlauf des Projekts wurden zahlreiche weitere Ad-Hoc-Treffen zur Feinabstimmung durchgeführt; teilweise virtuell, teilweise vor Ort an der RaumFabrik in Karlsruhe-Durlach. An diesen Ad-Hoc-Treffen waren dann immer nur für die Abstimmung notwendige Projektpartner und ggf. weitere externe Akteure beteiligt.

Der Konsortialführer FZI stellte permanent die Kommunikation und inhaltliche Abstimmung aller Projektpartner sicher und überwachte den Projektfortschritt. Außerdem übernahm er die Kommunikation mit dem Projektträger.

Zum 15.02.2022 wurde von jedem Vollpartner ein Jahresstatusbericht an den Projektträger geliefert. Nach interner Abstimmung und Koordination konnte der gemeinsame Projektabschlussbericht Ende Januar 2023 geliefert werden.

AP 2: Auswahl, Beschaffung und Koordination der Installation

Szenario Charge@Work

In dieses Arbeitspaket wurde mit der Analyse möglicher Standorte für die 50 geplanten Ladepunkte an der RaumFabrik gestartet. Dazu wurden zunächst Zeichnungen und Pläne für das Areal B der RaumFabrik sowie der Tiefgarage begutachtet. Außerdem wurden vor Ort verschiedene Begehungen durchgeführt, bei denen insbesondere auch mögliche Leitungswege zur Stromversorgung evaluiert wurden. Es wurden folgende Standorte identifiziert:

- Parkplatz Birkenwäldchen
- Tiefgarage
- Parkplatz über der Tiefgarage, gegenüber Restaurant
- Innenhof Bau 52
- Außenbereich Bau 52

Außerdem wurden die beiden Niederspannungshauptverteilungen (NSHV) identifiziert, an die die Ladeinfrastruktur angeschlossen werden kann: NSHV Trafostation Bau 61 und NSHV Trafostation Bau 52.



Abbildung 4: Die fünf identifizierten Standorte für Ladeinfrastruktur an der RaumFabrik Durlach

Es wurde identifiziert, dass jeder Ladepunkt über eine Maximalleistung von 22 kW (3-phasig mit je 32 A pro Phase) verfügen soll. Jeder Ladepunkt soll mit einem RFID-Kartenlesegerät ausgestattet sein, der mit der an der RaumFabrik etablierten Zugangstechnologie kompatibel ist. Außerdem soll jeder Ladepunkt mit einem Powerline Communication (PLC) Modem für die Kommunikation über ISO 15118 ausgestattet sein. Durch die Unterstützung dieses Standards sind die Ladepunkte auf die digitale Kommunikation mit kompatiblen Fahrzeugen vorbereitet. Dies ist zum Beispiel für die Übertragung des aktuellen Ladestands der Batterie von Fahrzeug zur Ladestation notwendig. Für die Anbindung der Ladestationen an das Charging Station Management System (CSMS oder Backend) wurde das Open Charge Point Protocol (OCPP) in Version 1.6J festgelegt.

Diese ersten Erkenntnisse wurden anschließend mit einer Firma konkretisiert, die Ladeinfrastruktur herstellt und installiert. Ende Februar 2022 konnte von dieser Firma ein erstes Angebot für Ladeinfrastruktur inklusive Installation für die oben genannten fünf Standorte vorgelegt werden.

Nicht Teil dieses Angebots war die „Vorinstallation“ bestehend aus notwendigen Tiefbauarbeiten, Hauptzuleitungen sowie Nachrüstung der Niederspannungshauptverteilungen. Weiter gehört zur Vorinstallation noch der Einbau von Messgeräten zum Ermitteln der aktuellen Netzanschlussleistung in die Transformatoren der beiden Trafostationen. Auf Basis des Ladeinfrastruktur-Angebots wurde eine Elektrofachfirma, die in der Vergangenheit regelmäßig größere Elektroarbeiten an der RaumFabrik durchgeführt hat und dadurch mit den lokalen Gegebenheiten vertraut ist, mit der Erstellung eines Angebots für die Vorinstallation beauftragt. Aufgrund des komplexen Vorhabens sowie hohem Arbeitsaufkommen, konnte das erste Angebot erst Anfang Juni vorgelegt werden.

Bei der Detailanalyse und iterativen Verfeinerung der beiden Angebote ergaben sich folgende Erkenntnisse bzw. Probleme: 1) Die angebotene Ladeinfrastruktur ist nicht eichrechtskonform. Die Eichrechtskonformität ist allerdings für die RaumFabrik eine wichtige Anforderung, die im

Kontext der Abrechnung von geladener Energie in Zukunft von hoher Bedeutung sein kann. Der Hersteller hatte zunächst mit dem Erreichen der Eichrechtskonformität im Jahr 2022 gerechnet, musste sich später aber korrigieren und konnte das Erreichen der Eichrechtskonformität in absehbarer Zeit nicht mehr in Aussicht stellen. Das Erreichen der Eichrechtskonformität wurde erschwert, da der Anbieter ein technisches Konzept verfolgt, bei dem es eine physische Trennung von Ladeelektronik und Ladeanschluss gibt. Ladeelektronik und Zähler befinden sich hier in einem Schaltschrank und sind dadurch nicht direkt für Nutzer zugänglich bzw. einsehbar. 2) Die Kosten für die Vorinstallation übersteigen das vorgesehene Budget drastisch. Dieser Umstand ist vor allem einer langen Zuleitung mit großem Querschnitt für die Tiefgarage geschuldet.

Um oben genannte Probleme zu adressieren, wurde das Konzept für die Installation erneut überarbeitet. Die hohen Kosten für die Zuleitung konnten reduziert werden, indem die Standorte der Ladepunkte in der Tiefgarage von einem Ende zum anderen Ende verlegt wurden. Dadurch konnte die Zuleitung in ihrer Länge reduziert werden. Die Anzahl der geplanten Ladepunkte in der Tiefgarage konnte dabei beibehalten werden. Die Eichrechtskonformität wurde sichergestellt, indem auf einen alternativen Lieferanten für Ladeinfrastruktur zurückgegriffen wurde. Dieser empfahl die Verwendung von eichrechtskonformen Ladesäulen und Ladestationen des Herstellers Mennekes.

Nach finaler Überarbeitung ergab sich die in Abbildung 5 gezeigten Topologien für Strom (rot) und Daten (blau). Die linke Seite mit drei Ladeinfrastruktur-Standorten bezieht ihre Energie von der NSHV Trafostation Bau 61. Die rechte Seite mit zwei Standorten bezieht ihre Energie von der NSHV Trafostation Bau 52. Bei Bau 52 wurden zusätzlich drei Ladestationen mit sechs Ladepunkten aus dem Bestand in die neu errichtete Infrastruktur integriert.

Im August 2022 wurde die Vorinstallation beauftragt. Leistungsinhalte waren unter anderem:

- Errichtung Außenverteiler VT 1 beim Parkplatz „Birkenwäldchen“
- Errichtung Verteiler VT 2 in Trafostation Bau 52
- Errichtung Verteiler VT 3 in der Tiefgarage
- Errichtung Verteiler VT 4 im Technikraum der Tiefgarage
- Anbindung von VT 1 an NSHV Trafostation Bau 61
- Anbindung von VT 2 an Trafostation Bau 52
- Anbindung von VT 3 an NSHV Trafostation Bau 61
- Anbindung von VT 4 an VT 3
- Errichtung von Fundamenten für Ladesäulen Birkenwäldchen
- Verkabelung Strom zu allen Ladepunkten
- Verkabelung Daten zu allen Ladepunkten
- Installation Messtechnik in Transformatoren der Trafostation Bau 61
- Installation Messtechnik in Transformatoren der Trafostation Bau 52

Leider kam es aufgrund globaler Lieferengpässe bei Verteilerschränken und Messtechnik zu weiteren mehrmonatigen Verzögerungen.

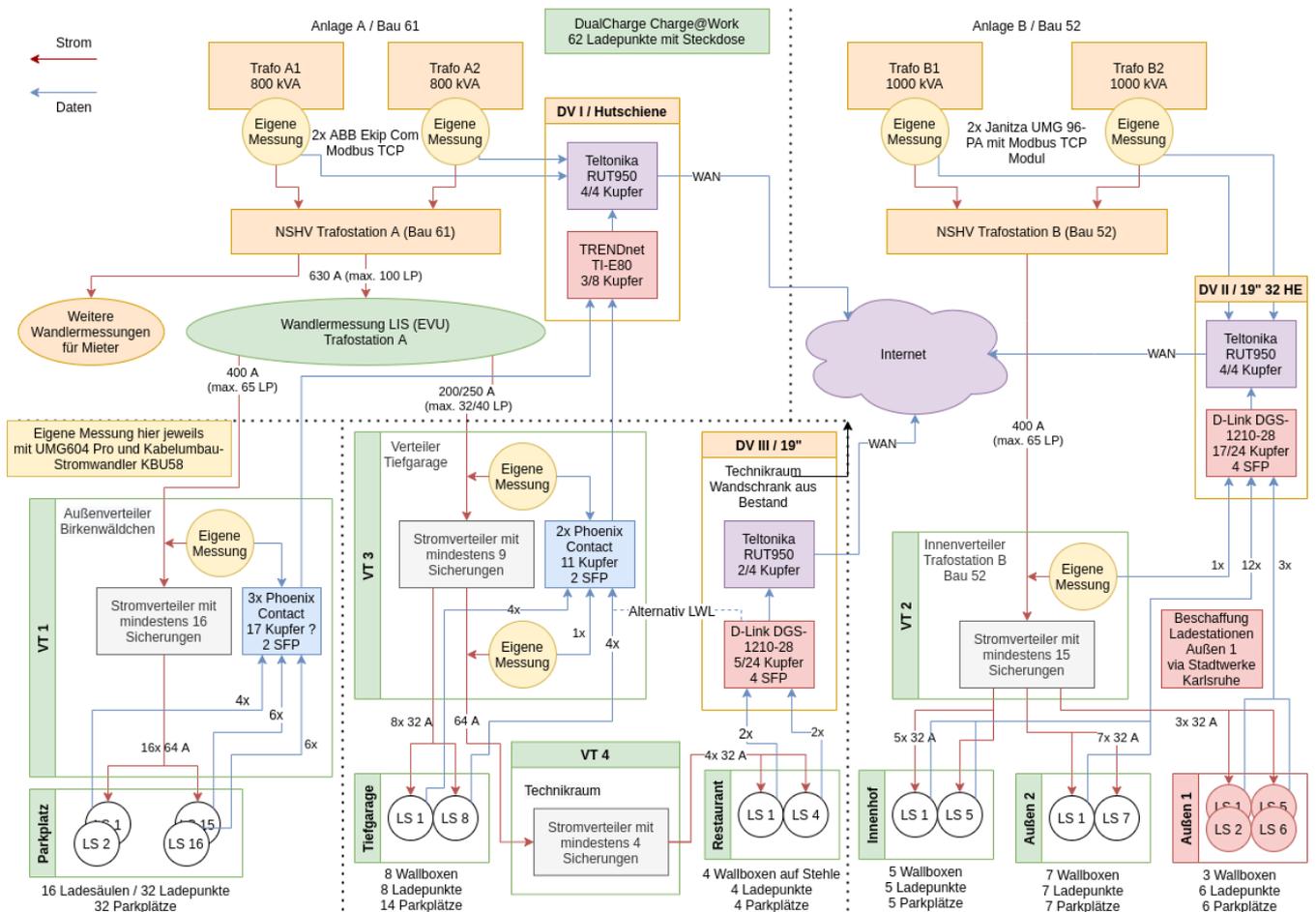


Abbildung 5: Topologien Strom und Daten im Szenario Charge@Work an der RaumFabrik Durlach

Parallel wurde die Ladeinfrastruktur beauftragt:

- 16 Ladesäulen mit je 2 Ladepunkten für den Parkplatz „Birkenwäldchen“: Mennekes AMEDIO Professional PnC 22 Slave + Blitzschutz (eichrechtskonform)
- 8 Ladestationen mit je 1 Ladepunkt für die Tiefgarage: Mennekes AMTRON Professional PnC 22 Slave (eichrechtskonform)
- 4 Ladestationen auf Stehle mit je 1 Ladepunkt für den Parkplatz ggü. Restaurant: Mennekes AMTRON Professional PnC 22 Slave (eichrechtskonform)
- 5 Ladestationen mit je 1 Ladepunkt für den Innenhof bei Bau 52 Mennekes AMTRON Professional PnC 22 Slave (eichrechtskonform)
- 7 Ladestationen mit je 1 Ladepunkt für Außen bei Bau 52: Mennekes AMTRON Professional PnC 22 Slave (eichrechtskonform)
- Anschluss der Ladepunkte an die in der Vorinstallation geschaffene Infrastruktur

Alle Ladepunkte unterstützen OCPP 1.6J als Protokoll, sind eichrechtskonform und verfügen über 22 kW Maximalleistung, einen RFID-Kartenleser sowie ein PLC-Modem für ISO 15118. Das Wort „Slave“ bezieht sich hier auf die Fähigkeit der Ladestationen die Datenanbindung per Mobilfunk über eine SIM-kartenfähige Ladestation der Variante „Master“ zu realisieren. Die Ladestationen der Variante „Slave“ verfügen über kein Mobilfunkmodem und müssen per Kabel angebunden werden.

In Summe ergeben sich 56 neue Ladepunkte für das Szenario Charge@Work an der RaumFabrik. Kombiniert mit den sechs Ladepunkten aus dem Bestand ergibt sich eine Gesamtanzahl von 62 Ladepunkten.

Szenario Charge@Home

In diesem Szenario wurde zunächst versucht fünf Pilothaushalte mit folgenden Eigenschaften zu finden:

- Mindestens ein Haushaltsangehöriger ist Mitarbeiter eines an der RaumFabrik Durlach ansässigen Unternehmens.
- Der Haushaltsangehörige verfügt über ein Elektrofahrzeug, vollelektrisch oder Plug-In Hybrid.
- Der Haushalt verfügt aktuell über keine Lademöglichkeit.
- Der Haushalt verfügt über eine Photovoltaikanlage. Diese Anforderung ist für das Vorhandensein von Überschüssen aus lokaler Erzeugung von Bedeutung.
- Der Haushalt verfügt optional über einen stationären Batteriespeicher.
- Der Haushalt befindet sich im Netzgebiet der Stadtwerke Karlsruhe Netzservice (SWKN). Dieser Punkt ist für die Installation der vorgesehenen Smart-Meter-Gateways durch den assoziierten Partner SWKN relevant.

Die Suche ergab in etwa zehn Haushalte. Ein Haushalt wurde ausgeschlossen, da das Elektrofahrzeug erst in der Zukunft geliefert werden sollte. Ein anderer Haushalt wurde ausgeschlossen, da zwar Fahrzeug, Photovoltaikanlage und Batteriespeicher vorhanden waren, allerdings auch bereits eine Ladestation mit integrierter Photovoltaik-Überschussladefunktion. Alle verbleibenden Haushalte verfügten über ein Elektrofahrzeug, weder über eine Lademöglichkeit, noch über eine Photovoltaikanlage oder einen Batteriespeicher. Von den verbleibenden Haushalten wurden zunächst die im Netzgebiet der SWKN ausgewählt. Letztendlich ergaben sich fünf Pilothaushalte mit folgenden Eigenschaften:

Haushalt ist im Gebiet der SWKN	Fahrzeugtyp	Ladestation vorhanden	Photovoltaik-anlage	Stationärer Batteriespeicher
Ja	Vollelektrisch	Nein	Nein	Nein
Ja	Plug-In Hybrid	Nein	Nein	Nein
Nein	Plug-In Hybrid	Nein	Nein	Nein
Nein	Plug-In Hybrid	Nein	Nein	Nein
Nein	Plug-In Hybrid	Nein	Nein	Nein

Da Pilothaushalte im Netzgebiet der Stadtwerke Karlsruhe Netzservice (SWKN) gefunden wurden, wurde darauffolgend SWKN bzgl. der Installation von intelligenten Messsystemen (iMSys) kontaktiert. Geplant war die Installation eines iMSys, bestehend aus einer oder mehrerer moderner Messeinrichtungen (mME) sowie einem Smart-Meter-Gateway (SMGW). SWKN konnte zwar die Installation der Komponenten in Aussicht stellen, bei einem detaillierteren Austausch zeigte sich jedoch, dass SWKN technisch noch nicht in der Lage ist den für das Energiemanagement relevanten „Tarifanwendungsfall 14: Hochfrequente Messwertbereitstellung für Mehrwertdienste“ auf SMGWs zu konfigurieren. Dieser Tarifanwendungsfall spielt insbesondere bei der Ermittlung von Überschüssen aus Photovoltaik-Erzeugung und Leistungsgipfeln am Netzanschlusspunkt eine wichtige Rolle. Da die Möglichkeit zur Konfiguration von transparenten Kanälen zwischen Controllable Local System (CLS) und aktivem externem Marktteilnehmer (aEMT) über SMGWs ebenfalls mit großer Unsicherheit behaftet war, mussten die Verwendung der iMSys mit Blick auf die zur Verfügung stehende Projektlaufzeit zu diesem Zeitpunkt verworfen werden.

Für die Ladeinfrastruktur wurde auch im Szenario Charge@Home auf den Hersteller Mennekes zurückgegriffen. Die zugrundeliegende Idee hierbei war primär den späteren softwaretechnischen

Integrationsaufwand zu minimieren, da in den beiden Szenarien dieselben Hardwaremodelle zum Einsatz kommen. Das OCPP-Protokoll ist zwar standardisiert, dennoch muss im Detail mit leicht unterschiedlichem Verhalten von Software verschiedener Hersteller gerechnet werden.

Konkret beschafft wurde jeweils „Mennekes AMTRON Professional PnC 22 Master (eichrechtskonform)“. Bei der Variante „Master“ handelt es sich um Geräte, die mit einer SIM-Karte ausgestattet und an das Mobilfunknetz angebunden werden können. Die Entscheidung keine SMGWs (die einen entsprechenden Kommunikationskanal zur Verfügung gestellt hätten) zu installieren, implizierte, dass keine lokalen EMS-Boxen als Brücke zwischen SMGW und Wallbox installiert werden müssen. Die genannten Wallboxmodelle wurden ausgewählt, weil sie es ermöglichen, bei einer erschwerten Datenanbindung an das Haushaltsnetzwerk auf Mobilfunk zurückgreifen zu können. In zwei der fünf Pilothaushalte musste auf die Option der Anbindung via Mobilfunk zurückgegriffen werden.

Die Installation der im Rahmen von Charge@Home geplanten fünf Ladepunkte wurde gesamt an einen Elektrotechniker vergeben. Die Installationsarbeiten konnten im November 2022 vollständig abgeschlossen werden. Die Verzögerung ist einerseits durch die Abhängigkeit zu Charge@Work bezüglich der Modellwahl der Ladestationen begründet. Andererseits ist sie begründet durch die mangelnde Verfügbarkeit von Elektrikern aufgrund hohem Arbeitsaufkommen.

AP 3: Systemintegration

Gesamtarchitektur

Im Projekt wurde für die beiden Szenarien Charge@Work und Charge@Home zusammen mit den Partnern eine Gesamtsystemarchitektur erarbeitet und abgestimmt, um alle an der finalen Systemarchitektur beteiligten Softwarekomponenten miteinander zu integrieren. Die Herausforderung hierbei war, die verschiedenartigen von den Projektpartnern beteiligten, bereits vorhandenen und ins Projekt eingebrachten Softwarekomponenten mit den darin enthaltenen Datenmodellen zu verbinden und lose zu koppeln. Letzteres war notwendig, um eine zukunftsfähige und einfach in die Wirtschaft zu übertragene Lösung umzusetzen.

Bei der Konzeption der Gesamtsystemarchitektur verfolgte das Projektteam die folgenden Ziele:

- Übertragbarkeit: Bereitstellung einer im Markt standardisiert anwendbaren Lösung
- Skalierbarkeit: Einfache Übertragung auf andere und größere Anwendungsfälle
- Austauschbarkeit: Austauschbar einzelner im Gesamtsystem beteiligten Komponenten
- Erweiterbarkeit: Flexibilität bei der Umsetzung der Integration und Erweiterbarkeit um eigene Schnittstellen

Neben der obligatorischen Lösung von dedizierten für das Projekt konzipierten und umgesetzten RESTful Schnittstellen wurde im Projektverlauf zwei Lösungsansätze entwickelt.

Ein Lösungsansatz war die Nutzung des Kommunikationsprotokolls Open Charge Point Interface (OCPI). Daher wurde im Rahmen des AP3 die Eignung von OCPI untersucht, um die für die Erreichung der Use-Cases im Projekt benötigten Daten zwischen den Systemkomponenten auszutauschen. Die Prüfung der im OCPI Protokoll in der Version 2.2-d2 verwendeten Daten und Schnittstellen hat ergeben, dass sich dieses Protokoll für die geplanten Use-Cases im Projekt eignet.

Ein weiterer Lösungsansatz war die Nutzung eines OCPP-Proxys. Dabei dient dieser Proxy als Empfänger des regulären Datenstroms der Ladestationen und leitet die Daten an das eigentliche Charging Station Management System (CSMS) weiter. Dieser Ansatz wurde als Teil der Gesamtarchitektur im Team diskutiert, aber aufgrund des damit verbundenen Aufwands bei der Umsetzung zunächst nicht vorgesehen.

Aufbauend auf diesen beiden Lösungsansätzen wurde die in Abbildung 6 dargestellte Gesamtsystemarchitektur konzipiert und im Projektkonsortium zur Umsetzung beschlossen. Der Fokus lag zunächst auf der Umsetzung einer standardisierten und einfach wiederverwendbaren Lösung mit OCPI.

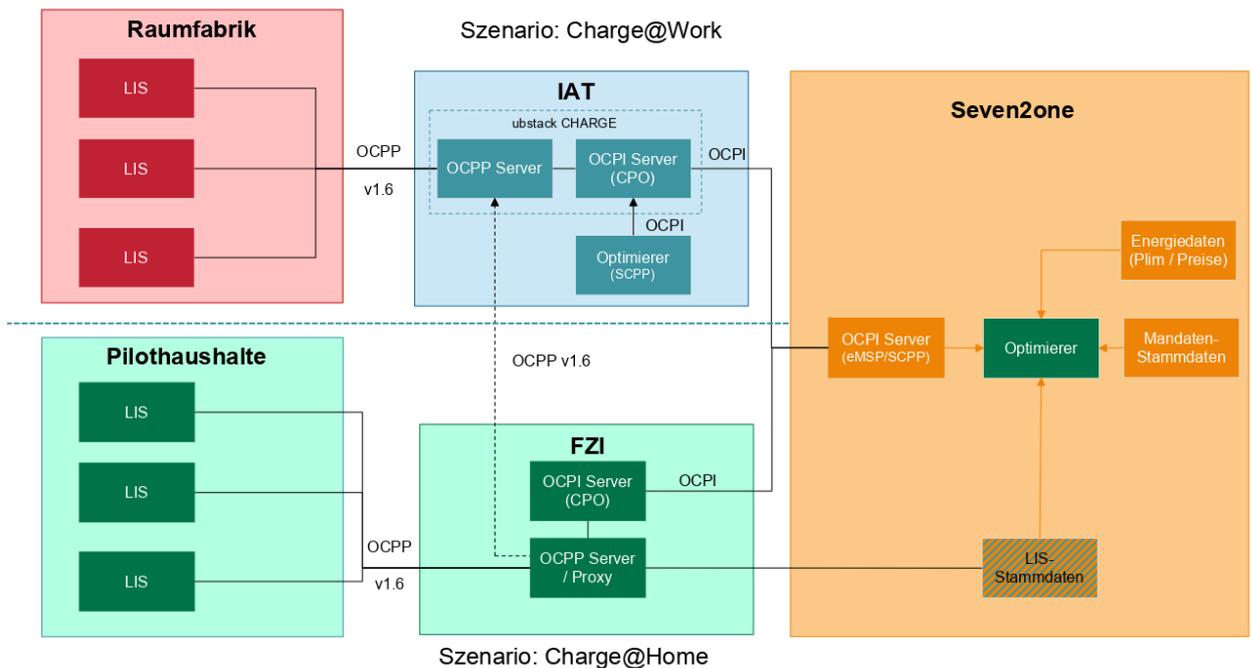


Abbildung 6: Gesamtarchitektur DualCharge

Einsatz von OCPI als Kommunikationsprotokoll

Konkret ist das Open Charge Point Interface (OCPI) ein standardisiertes Protokoll, das von der European Smart Charging Association (ESCA) entwickelt wurde, um die Interoperabilität von Ladeinfrastruktur und Ladestationsbetreibern zu ermöglichen. Es besteht aus folgenden Modulen:

1. Credentials: Dieses Modul ermöglicht es Ladestationsbetreibern, Zugangsdaten für andere Ladestationsbetreiber zu verwalten und zu verteilen.
2. Locations: Dieses Modul enthält Informationen über die Standorte der Ladestationen, einschließlich Adressen, Kontaktdaten und Verfügbarkeit.
3. Sessions: Dieses Modul ermöglicht es Ladestationsbetreibern, die Details von Ladevorgängen zu speichern und abzurufen, einschließlich Start- und Endzeiten, geladene Energiemengen und Kosten.
4. Tariffs: Dieses Modul enthält Informationen über die Tarife, die für die Verwendung der Ladestationen gelten, einschließlich Preise pro Einheit und Zeit.
5. Commands: Dieses Modul ermöglicht es Ladestationsbetreibern, Befehle an die Ladestationen zu senden, wie z.B. Start und Stopp eines Ladevorgangs.
6. Reservations: Dieses Modul ermöglicht es Benutzern, Ladestationen im Voraus zu reservieren.

Jedes Modul hat seine eigene Rolle und Funktionalität in OCPI. Die Nutzung der Module ermöglicht eine Interoperabilität und Effizienz in der Verwaltung der Ladeprozesse. Die Anzahl und Menge der genutzten Module obliegt dem jeweiligen Softwareanbieter bzw. Betreiber der OCPI-fähigen Komponente.

Im Open Charge Point Interface (OCPI) gibt es zwei Hauptkomponenten: Clients und Server.

Ein OCPI-Client ist eine Anwendung oder ein System, das die OCPI-APIs aufruft, um Daten von einem OCPI-Server abzufragen oder zu übertragen. Ein Beispiel für einen OCPI-Client ist eine mobile App, die von einem Benutzer verwendet wird, um die Verfügbarkeit von Ladestationen in der Nähe anzuzeigen und eine Reservierung vorzunehmen. Ein anderes Beispiel kann ein Ladeinfrastruktur Betreiber sein, der seine Ladestationen verwaltet und die Daten von anderen Ladeinfrastruktur Betreibern abfragt.

Ein OCPI-Server ist eine Anwendung oder ein System, das die OCPI-APIs bereitstellt, um Daten an OCPI-Clients zu übertragen und von ihnen zu empfangen. Ein Beispiel für einen OCPI-Server ist ein Ladestationsbetreiber, der die Daten seiner Ladestationen bereitstellt, einschließlich Standorte, Verfügbarkeit und Tarife. Ein anderes Beispiel kann ein Ladeinfrastruktur Betreiber sein, der seine Ladestationen verwaltet und die Daten anderer Ladeinfrastrukturbetreiber bereitstellt.

Der Unterschied zwischen OCPI-Client und OCPI-Server ist, dass der Client die Daten abfragt und der Server die Daten bereitstellt. Beide arbeiten zusammen, um die Interoperabilität und Effizienz bei Ladeprozessen zu ermöglichen.

Szenario Charge@Work

Das IAT hat im Rahmen von Charge@Work seine in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAO betriebenen ubstack-Mobilitätsplattform eingebracht. Diese Plattform ermöglicht es, eine Vielzahl von Anwendungsfällen im Bereich der Elektromobilität umzusetzen.

Basierend auf den im Rahmenplan definierten Zielen für die Umsetzung im Projekt DualCharge wurden im Projektverlauf im Rahmen einer Anforderungsanalyse die Lücken für die Nutzung der Plattform und der Funktionen im Projekt DualCharge identifiziert.

Dabei konnten sich die folgenden Aufwände identifizieren lassen, die im Projekt DualCharge umgesetzt werden mussten:

- Weiterentwicklung der OCPI-Server-Schnittstelle zur Verarbeitung von für die Ladesteuerung relevanten Daten und Schnittstellen
- Umsetzung einer OCPI-Client-Schnittstelle für die Erfassung und Übertragung aller relevanten Daten für die Ladefahrplanoptimierung
- Erweiterung der ubstack CHARGE Komponente zur eichrechtskonformen Abrechnung von Ladevorgängen
- Umsetzung von Reservierungen von expliziten Ladepunkten für einzelne Nutzer
- Verarbeitung, Speicherung und Darstellung von komplexen OCPP-Ladefahrplänen (ChargingProfiles)

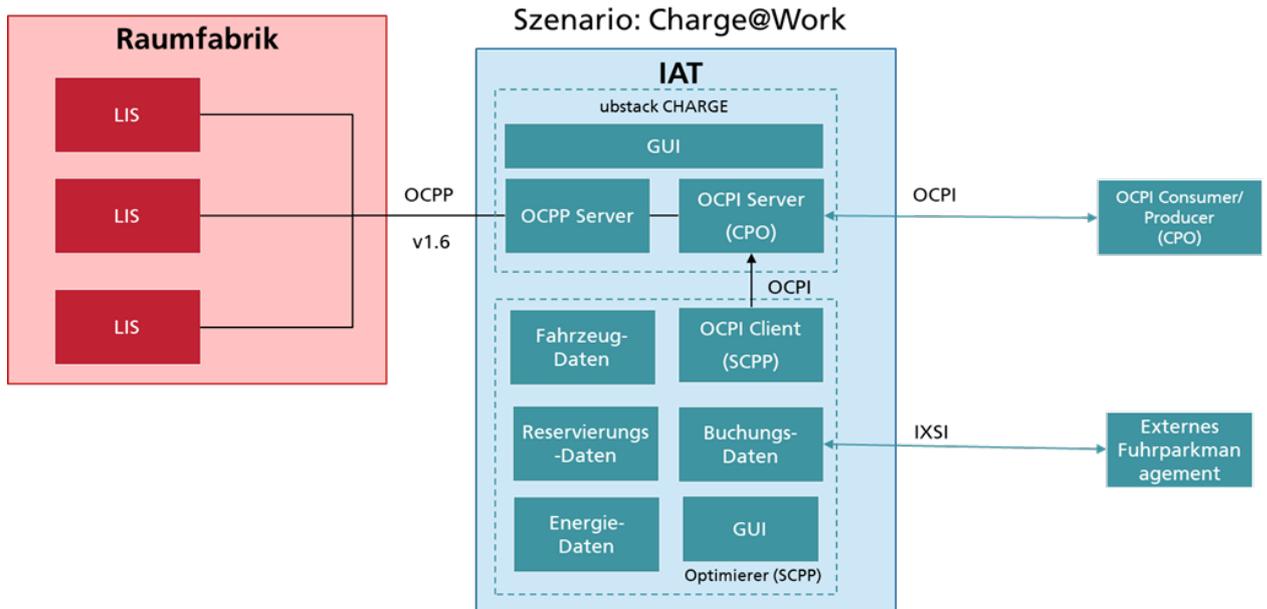


Abbildung 7: Systemarchitektur des IAT

Finalisierung der serverseitigen OCPI-Integration

Im Rahmen des Projektes LamA wurde bereits eine serverseitige Implementierung von OCPI für den Use-Case der Verwaltung von Ladestationen und der Abrechnung von Ladevorgängen zusammen mit einem Abrechnungsdienstleister für die Rolle des CPO realisiert. In dem Projekt DualCharge wurde diese initiale Implementierung genutzt und darauf aufgebaut. Diese Implementierung wurde für die spezifischen Use-Cases in dem Projekt DualCharge erweitert.

Für den Einsatz in DualCharge musste diese serverseitige Implementierung von OCPI konkret um die folgenden Funktionen erweitert werden:

- Tariffs Modul: Definition von Tarifen zur Abrechnung von Ladevorgängen
- Session Modul: Übertragung von Ladevorgängen und Reservierungen
- Credential Module: Verbindungsaufbau zwischen Rollen
- Tokens Modul: Verwaltung von Zugangstoken wie RFID-Karten
- ChargingProfiles Modul: Verwaltung und Übertragung von Ladeprofilen

Wichtig hierbei war die Umsetzung der Rolle des Smart Charging Service Provider (SCSP) in OCPI. Der Smart Charging Service Provider ist eine Rolle, die in dem Open Charge Point Interface (OCPI) genutzt werden kann und bezieht sich auf Unternehmen oder Organisationen bspw. Aggregatoren bzw. Energy Service Broker die Smart Charging Services anbieten.

In diesem Kontext bezieht sich „Smart Charging“ auf die Verwendung von Daten und Algorithmen, um die Ladezeiten von Elektrofahrzeugen (EVs) so zu steuern, dass sie den Bedürfnissen des Stromnetzes und den Präferenzen des EV-Besitzers entsprechen.

Smart Charging Service Provider wiederum nutzen die OCPI-APIs in Ihren Softwarekomponenten, um sich mit Ladestationsbetreibern zu verbinden und Informationen über verfügbare Ladestationen und deren Belegung zu erhalten.

Unternehmen in der Rolle der Smart Charging Service Provider können so bspw. Tarife anbieten, die auf den Bedürfnissen des EV-Besitzers und dem Zustand des Stromnetzes basieren. Sie können zum Beispiel Tarife anbieten, bei denen der Preis für die Ladezeiten zu bestimmten Zeiten

des Tages variiert, um die Belastung des Stromnetzes zu minimieren. Sie tragen somit zur Integration der Elektromobilität bei und unterstützen den Ausbau der Ladeinfrastruktur.

Mit der Umsetzung der OCPI Schnittstelle wurden folgende Funktionsumfänge nutzbar:

- Eichrechtskonforme Abrechnung von Ladevorgängen
- Reservierung von einzelnen Ladepunkten
- Übertragung von Ladeplänen bzw. Ladeprofilen
- Übertragung von Ladevorgangsinformationen und Zählerdaten
- Übertragung von nutzerspezifischen Ladebedürfnissen

Lesend- und schreibender Zugriff auf die Buchungsschnittstelle zu Stadtmobil Karlsruhe

Das IAT der Universität Stuttgart hatte im Rahmen der Antragstellung für das Projekt DualCharge die Integration der Buchung von Stadtmobil-Fahrzeugen in die Mobilitätsplattform ubstack geplant. Das Ziel dieser Integration war die ganzheitliche Integration vom Buchungsprozess der Fahrzeuge von Stadtmobil mit schreibendem Zugriff auf die Geschäftslogik auf dem Server von Stadtmobil. Im Projektverlauf konnte diese Integration nicht umgesetzt werden. Einerseits, da die Zusammenarbeit mit dem Dienstleister Stadtmobil nicht wie ursprünglich im Projektantrag geplant funktionierte. Gleichermaßen wurde während der Projektlaufzeit identifiziert, dass die Schaffung einer Programmierschnittstelle für Fahrzeugbuchungen aufseiten Stadtmobil Karlsruhe (geplanter Unterauftrag) und die anschließende Implementierung dieser Schnittstelle im RaumFabrik Portal technisch nicht sinnvoll ist. Hintergrund ist, dass die internen Buchungsschnittstellen und auch die damit zusammenhängenden grafischen Benutzerschnittstellen (Eingabemasken etc.) bei Stadtmobil stetig verbessert, erweitert und allgemein verändert werden. Dadurch ist einerseits die Bereitstellung einer stabilen Programmierschnittstelle zur Buchung seitens Stadtmobil schwierig. Andererseits, und von größerer Bedeutung, wäre wiederkehrender Aufwand notwendig, um die Buchungskomponente des RaumFabrik Portals aktuell zu halten. Es erschien daher technisch sinnvoller die Stadtmobil-Buchungsschnittstelle, einschließlich derer Benutzerschnittstelle, per iframe- oder ähnlicher Technik in das RaumFabrik-Portal zu integrieren. Für diese Integration ist die Schaffung einer Programmierschnittstelle aufseiten Stadtmobil nicht erforderlich.

Für die Integration eines lesenden Zugriffs auf die von Stadtmobil bereitgestellten Buchungsdaten wurde auf die Ergebnisse des Vorgängerprojekts BLADE-KA zurückgegriffen.

Zukunftssichere Anbindung von Ladestationsbetreibern ohne OCPI-Unterstützung

Durch die starke Verzögerung des Installations- und Inbetriebnahmetermins der Ladeinfrastruktur am Standort der RaumFabrik, hat sich zum Ende des Projekts die RaumFabrik für die Nutzung einer zukunftsfähigen und bereits im Markt etablierten CSMS-Lösung vom Ladestationsbetreiber eliso ausgesprochen. Im Laufe des Projekts wurde identifiziert, dass OCPI zwar von vielen Charging Station Management Systems (CSMS) unterstützt wird, jedoch nicht flächendeckend von allen entweder in der neusten (eichrechtskonformen) Version eingesetzt, oder überhaupt umgesetzt wird. Von eliso wird die CSMS-Lösung „Reev“ eingesetzt. Ungünstigerweise bietet die Reev-Lösung keine OCPI-Schnittstelle. Darum musste innerhalb des Projektkonsortiums auf die bereits in AP3 konzipierte Lösung über einen OCPP-Proxy zurückgegriffen werden, um die CSMS-Lösung „Reev“ auch in Zukunft in das Projekt zu integrieren. In Zusammenarbeit mit SevenZone wurde in einem Unterauftrag die Abfrage und Integration der Buchungsdaten von Stadtmobil Karlsruhe (s.o.) durchgeführt und in Zusammenarbeit mit dem FZI die Implementierung einer OCPP-Proxy-Lösung umgesetzt. Damit konnte eine zufriedenstellende Lösung für den Weiterbetrieb und die Übertragbarkeit der im Projekt DualCharge erzielten

Ergebnisse über das Projektende hinaus sichergestellt und eine zukunftsfähige Lösung für weitere Projekte und Anwendungen am Standort RaumFabrik geschaffen werden.

Szenario Charge@Home

Analog zum Szenario Charge@Work wurde für das Szenario Charge@Home das im Projekt „BLADE-KA: Buchungsbasiertes Lademanagement in Karlsruhe“ am FZI entwickelte modulare Ladestationsverwaltungssystem (Charging Station Management System, CSMS) um eine serverseitige OCPI-Funktionalität erweitert. Fokus dabei lag insbesondere auf der Bereitstellung der Funktionalität zum Empfang von Ladeplänen von einem Smart Charging Service Provider (SCSP) im Sinne des OCPI-Standards. Dazu wurde im Rahmen des Projekts eine OCPI-Server-Komponente für das CSMS entwickelt. Über diese können OCPI-konforme Ladepläne empfangen werden. Die CSMS-Logik übersetzt diese Ladepläne in OCPP-konforme Ladepläne und benutzt den OCPP-Server des CSMS, um die Ladepläne an die Ladestationen auszuliefern. Die ursprünglich nicht eingeplanten Zusatzaufwände für die OCPI-Anbindung konnten innerhalb der Projektlaufzeit abgebildet werden, da aus den oben dargestellten Gründen innerhalb der Projektlaufzeit keine SMGWs und damit zusammenhängend auch keine lokalen CLS-EMS installiert werden konnten. Die damit zusammenhängenden SMGW-spezifischen Entwicklungs- und Konfigurationsarbeiten, z.B. mit Blick auf Gateway-Administration, wurden somit verlagert, um die Projektziele trotz veränderter externer Rahmenbedingungen zu erreichen.

AP 4: Ladepläne

Szenario Charge@Work

Umsetzung einer clientseitigen OCPI-Implementierung

Neben der serverseitigen OCPI Implementierung für die Bereitstellung der Daten auf der CPO-Seite, wurde vom IAT eine clientseitige OCPI-Implementierung durchgeführt. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wurde der OCPI-Client benötigt, um die Daten in der Rolle eines Optimierers von Ladefahrplänen in der Rolle des Smart Charging Service Providers an ein beliebiges CPO-Backend zu übergeben. Dazu wurde eine Softwarebibliothek umgesetzt, die alle Schnittstellen und die benötigten Module anbietet und ansprechen kann. Dies ermöglichte die standardisierte Übertragung der Daten im OCPI v.2.2 (d2) konformen Format entgegenzunehmen und zu verschicken.

Diese Schnittstelle gestaltete sich umfangreicher als geplant, da nicht nur die Funktionen zur Übertragung von ChargingProfiles und ChargingPreferences Datenmodelle notwendig waren, sondern auch die Funktionen für den sicheren Verbindungsaufbau (Versions & Credentials Modul) und die Übertragung der Sessions (Sessions Modul), Ladekarten (Token Modul) sowie Tarife (Tariff Modul).

Performante Verarbeitung von Zeitreihendaten

Zum Projektstart war die Implementierung der Verarbeitung von Zeitreihen und Zeitreihendaten auf Basis einer MySQL Datenbank umgesetzt. Im Projektverlauf wurde herausgefunden, dass die Verarbeitung von einer großen Anzahl von Zählerwerten und Zeitreihen im Allgemeinen auf Basis einer MySQL Datenbank nicht performant genug ist.

Im Rahmen einer Recherche wurde untersucht, welche alternative Datenbanken zur Verwaltung der Zeitreihen-Datenbank geeignet sind. Dabei wurde die Datenbank Technologie QuestDB identifiziert.

Zur Gewährleistung einer geeigneten Performanz bei der Verarbeitung der empfangenen Zeitreihendaten wurde dazu die QuestDB Datenbank Schnittstellen umgesetzt. Es wurde zudem ein Migrationskonzept für die Migration der alten Daten erarbeitet und implementiert.

Dies ermöglichte es, die Zeitreihendaten von einer Vielzahl von Ladestationen auf der CPO-Seite zu verarbeiten und eine performante Steuerung zu ermöglichen.

Fahrplanoptimierung in Charge@Work Szenario

Im Rahmen des AP4 wurde durch das IAT der in das Projekt eingebrachte Ladefahrplan-Optimierer erweitert. Dafür wurde – neben einer Optimierungs- bzw. Solver-basierten Geschäftslogik - eine regelbasierte Logik zur Steuerung der Ladevorgänge umgesetzt. Diese regelbasierte Steuerungslogik konnte auf Basis der übertragenen Daten eine Rückfalllogik bilden, um Fahrpläne zu generieren, falls der Optimierer selbst keine valide Lösung findet. Eine Rückfalllogik für einen möglicherweise kurzfristigen Kommunikationsausfall zwischen Ladepunkt und Backend für die Steuerung konnte mithilfe einer geeigneten Konfiguration der OCPP ChargingProfiles umgesetzt werden. Dadurch ist es möglich den Lastbezug der Fahrzeuge, im Fall des Abbruchs einer Kommunikationsverbindung, auf ein Minimum oder gar ganz abzuschalten. So kann verhindert werden, dass Lastspitzen entstehen. Die für die Berechnung der Ladefahrpläne notwendigen Daten wurden so erweitert, dass verschiedenartige Buchungssysteme für Fahrzeuge als Datenquelle verwendet werden können.

Szenario Charge@Home

Erweiterung der Ladeoptimierung

Im Rahmen des Projektes wurde die im Projekt „BLADE-KA: Buchungsbasiertes Lademanagement in Karlsruhe“ am FZI entwickelte, prototypische Ladeoptimierung zur Demonstration der Projektziele wie folgt erweitert:

- Skalierbarkeit der Optimierung für größere Stückzahl an Ladepunkten bzw. parallelen Ladevorgängen
- Erweiterung des Funktionsumfangs um Unterstützung von dynamischen, zeit-variablen Strompreisen. Ladevorgänge werden möglichst in den kostengünstigsten Zeiträumen durchgeführt.
- Erweiterung des Funktionsumfangs um Unterstützung für den Einbezug von Drosselungssignalen (etwa durch den Verteilnetzbetreiber nach §14a EnWG). Leistungsobergrenzen müssen bei der Ladung ab deren Gültigkeit jederzeit eingehalten werden.
- Erweiterung der Ausgabeformate um OCPI-konforme Ladepläne.

Die Ladeoptimierung ist modular aufgebaut. Sie kann einerseits von einem Energiemanagementsystem lokal als Bibliothek verwendet werden, z.B. im Rahmen von Energiemanagementsystemen, die in Kundenanlagen zwischen SMGW und Ladepunkten installiert sind. Andererseits kann sie über eine, auf der Bibliothek aufzubauenden, RESTful-Schnittstelle auch über Rechnergrenzen hinweg verwendet werden. Über die RESTful-Schnittstelle kann die Ladeoptimierung daher auch an die Seven2one-Plattform angebunden werden und vor dort aus der Cloud heraus zentral mehrere Ladepunkte optimieren. Aufgrund der

fehlenden Einsetzbarkeit von SMGWs und CLS-Mehrwertmodulen (als Grundlage für dezentrale EMS) innerhalb der Projektlaufzeit, wurde für die Umsetzung im Feld die zweite Option gewählt.

AP 5: Integration der Testfeldlösung in die Gesamtplattform

Die Integration der Testfeldlösung in die Gesamtplattform wurde zusammen mit dem assoziierten Partner Seven2one durchgeführt. Diese haben die Gesamtlösung bereitgestellt. Zur Vorbereitung einer erfolgreichen Integration wurden hierfür im Rahmen von Vor-Ort-Terminen und Abstimmungen im Projektteam die Anforderungen an die aufgebaute Ladeinfrastruktur abgestimmt und mit den Ladestationslieferanten besprochen. Die Evaluation der Integration wurde in AP 6 durchgeführt.

Die finale vor Projektende eingesetzte Gesamtsystemarchitektur als Gesamtplattformlösung der Partner FZI, IAT und Seven2One ist in Abbildung 8 dargestellt. Darin enthalten ist der umgesetzte OCPP-Proxy und die von der Seven2One umgesetzte DualCharge- bzw. Seven2one-Plattform. Die Nutzer der RaumFabrik haben entsprechend Ihrer Rollen Zugriff auf die Plattform über eine webbasierte Oberfläche (GUI), dem „RaumFabrik-Portal“. In der Architektur ist auch der von eliso eingesetzte OCPP-Server als CSMS von Reev eingezeichnet.

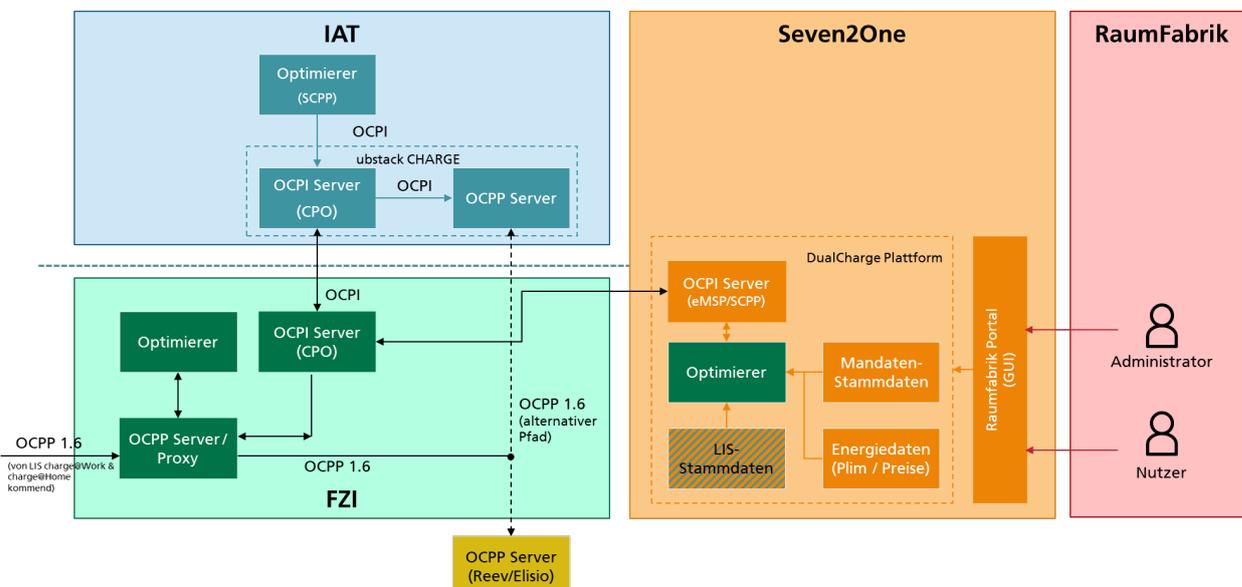


Abbildung 8: Final umgesetzte Gesamtsystemarchitektur zur Darstellung der Kommunikationsflüsse

In der nachfolgenden Abbildung sind beispielhaft die zur Abrechnung relevanten Ladevorgänge in den Szenarien Charge@Work und Charge@Home zu sehen:

Meine Ladevorgänge

ZURÜCK

Ladevorgang	Ladepunkt	Standort	Status	Datum	Dauer	Energie	Art	Ladediagramm
✓	Mennekes DualCharge-at-Home O	Wohnhaus 3	Ladevorgang beendet	26.01.2023 17:20	16h 50m	15,81kWh	Privat	
✓	Raumfabrik A Ladestation 1 LP A	Raumfabrik Außenbereich Bau 52	Ladevorgang beendet	26.01.2023 10:25	5h 5m	33,31kWh	Geschäftlich	
✓	Mennekes DualCharge-at-Home M	Wohnhaus 2	Ladevorgang beendet	25.01.2023 19:27	14h 35m	18,34kWh	Privat	
✓	Mennekes DualCharge-at-Home R	Wohnhaus 4	Ladevorgang beendet	25.01.2023 18:38	13h 47m	33,67kWh	Privat	
✓	Raumfabrik A Ladestation 3 LP A	Raumfabrik Tiefgarage	Ladevorgang beendet	25.01.2023 13:30	5h 18m	11,52kWh	Geschäftlich	
✓	Raumfabrik A Ladestation 2 LP B	Raumfabrik Innenhof Bau 52	Ladevorgang beendet	25.01.2023 08:18	10h 6m	25,73kWh	Geschäftlich	
✓	Raumfabrik A Ladestation 1 LP A	Raumfabrik Außenbereich Bau 52	Ladevorgang beendet	24.01.2023 08:49	9h 39m	9,85kWh	Geschäftlich	

Abbildung 9: Gemeinsame Übersicht über Ladevorgänge aus den Szenarien Charge@Work (Geschäftlich) und Charge@Home (Privat) im RaumFabrik Portal

AP 6: Evaluation

Aufgrund der fehlenden Installation der Ladeinfrastruktur im Charge@Work Szenario, und damit auch einem fehlendem Gesamtsystem, musste ein alternativer Evaluationsweg für die Erprobung in dem in diesem Projekt konzipierten Gesamtsystems gefunden werden. Für das Szenario Charge@Work konnte die Systemarchitektur im Rahmen eines Test-Aufbaus am Fraunhofer IAO evaluiert werden. Dazu konnte das Fraunhofer IAO mit der auf dem Fraunhofer IZS verfügbaren Ladeinfrastruktur eine vergleichbare Ladeinfrastruktur, wie an der Raumfabrik geplant, bereitstellen. Im Charge@Home Szenario konnte der Zugriff auf die Ladepunkte aufgrund der erläuterten SMGW-Nichtverfügbarkeit zwar nicht über SMGWs, als technische Brückenkomponente jedoch über OCPI als standardisiertes Kommunikationsprotokoll demonstriert werden.

Zur Evaluation der in beiden Szenarien im Projekt eingesetzten Optimierer von FZI und IAT wurden diese mit der im Projekt entwickelten und integrierten OCPI-Schnittstelle erweitert und mit dem Charging Station Management System (CSMS) bzw. CPO-Backend via OCPI verbunden. Dabei konnte gezeigt werden, dass die im Optimierer erzeugten Ladefahrpläne bis hin zur Ladestation erfolgreich übertragen werden konnten. Aufgrund der limitierten Projektlaufzeit konnten nicht alle der geplanten Datenflüsse zwischen den Projektpartnern evaluiert werden. Die Evaluation in der technischen Anwendung hat aber gezeigt, dass die geplanten Use Cases, wie im Projekt konzipiert und ausgearbeitet, erfolgreich umgesetzt werden können. Deshalb ist beabsichtigt, den Prototyp auch nach der Projektlaufzeit noch weiterzuentwickeln.

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Auf die großen Verzögerungen bei der Beschaffung und Installation von Ladeinfrastruktur, insbesondere im Rahmen des Szenarios Charge@Work, wurde oben bereits im Detail eingegangen. Konkret waren diese Verzögerungen aus Projektsicht primär auf Abhängigkeiten von externen Dritten, und dort wiederum größtenteils auf hohes Arbeitsaufkommen und mangelnde Materialverfügbarkeit bei Zulieferern, zurückzuführen.

Positiv hervorgehoben sei an dieser Stelle die Zusammenarbeit mit den im Szenario Charge@Home involvierten Verteilnetzbetreibern, die die Formulare zur Installation von Ladeinfrastruktur immer kurzfristig bearbeiten konnten.

Erzielte Ergebnisse

Zusammenfassend konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Modulare, standardisierte Ladeinfrastruktur mit intelligentem Lademanagement- und Abrechnungssystem
- 56 Ladepunkte an fünf Standorten an der RaumFabrik Durlach im Rahmen des Szenario Charge@Work.
- Fünf Ladepunkte bei ausgewählten Pilothaushalten im Rahmen des Szenario Charge@Home.
- DualCharge-Integrationsplattform für die Zusammenführung der abrechnungsrelevanten Informationen von Charge@Work und Charge@Home.
- RaumFabrik Portal für zielgruppengerechte Einblicke für Vermieter, Mieter sowie Mitarbeiter.
- Erweiterung der ubstack-Plattform um OCPI-basierte Anbindung von Smart Charging Service Providern und Komponenten zur eichrechtskonformen Abrechnung von Ladevorgängen
- Erweiterung des ubstack-Optimierers um OCPI-basierte Anbindung von CPO-Backendsystemen, generische Integration von Buchungs- bzw. Dispositionssystemen, Nutzervorgaben und einer regelbasierten Steuerungslogik
- Erweiterung der Ladeoptimierung des FZI um Skalierbarkeit für größere Anzahl an Ladepunkten sowie Berücksichtigung von dynamischen Strompreisen und Drosselsignalen (etwa nach §14a EnWG).
- Erweiterung des Charging Station Management Systems des FZI um Skalierbarkeit für größere Anzahl an Ladepunkten und OCPI-basierte Anbindung an die DualCharge-Integrationsplattform.

6. Verwertungsplan

Das gemeinsame Hauptergebnis ist die einfache und skalierbare Integration verschiedener Systeme zur intelligenten Steuerung von Ladeinfrastruktur und Ladevorgängen und die Integration in ein Gesamtsystem zur Abrechnung privater, als auch geschäftlicher Ladevorgänge an Unternehmensstandorten wie der RaumFabrik. Die gewonnenen Ergebnisse sollen öffentlichkeitswirksam demonstriert und von den Projektpartnern als Multiplikatoren im Rahmen weiterer Forschungs-, Umsetzungs- und Transferprojekten in die Praxis geführt werden (FZI als Innovationspartner, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen; IAT als Forschungseinrichtung mit einem Schwerpunkt auf Flotten- und Lademanagement; das RaumFabrik-Areal als Publikumsmagnet mit zahlreichen Parkplätzen und Ladestationen).

Wirtschaftliche Verwertung

Die RaumFabrik verfügt über 1.500 Parkplätze und kann mit den im Rahmen des Projektes gewonnenen Erkenntnissen die Grundlage legen für den weiteren Ausbau in den kommenden Jahren. Für die RaumFabrik ist es äußerst wahrscheinlich und absehbar, dass sich die beschriebene Problemlage im Rahmen künftiger Erweiterungen sowie an weiteren Standorten

wiederholen wird und die Erkenntnisse und Lösungsansätze aus dem Projekt auch dort zielführend sein werden. Die RaumFabrik hat als Liegenschaftsbetreiber Interesse an einem möglichst günstigen Netzanschluss mit möglichst günstiger Ladestromversorgung bei einer gleichzeitig hohen Verfügbarkeit von elektrischen Lademöglichkeiten. Die im Rahmen des Projektes gewonnenen Erkenntnisse tragen zu einer zukunftsfähigen Lösung für den massenhaften Einsatz von Ladestationen bei.

Das FZI betreibt angewandte Forschung u. a. in den Schwerpunkten autonomes Fahren sowie IT-basierte Ausgestaltung des Energiesystems der Zukunft. Daher möchte das FZI durch die Ladestationen die Attraktivität des Standortes insbesondere für Besucher aber auch für Mitarbeiter steigern sowie innovative Forschungsergebnisse im Bereich der Elektromobilität nach außen stärker sichtbar und insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen interessanter machen. Das FZI fördert den Transfer von im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnissen in die Praxis sowohl als Innovationspartner für Unternehmen, die neue Ladelösungen an den Markt bringen wollen, als auch als Unterstützer von Forschungs-Spin-offs z.B. über den Energie-Accelerator AXEL. Im Umkreis des Projektstandorts ist zukünftig mit einer relativ hohen Dichte an E-Autos zu rechnen. Dadurch ist nicht nur ein langfristig operativ sinnvoller Einsatz der Ladeinfrastruktur gesichert, sondern insbesondere auch eine innovative Weiterentwicklung.

Das IAT möchte über das Projekt das Thema Carsharing als wichtigen Baustein in seine Flotten- und Lademanagementaktivitäten, sowie seine Forschungsarbeiten integrieren. Durch die Zusammenarbeit mit dem Anwendungspartner Stadtmobil kann das IAT weitere wichtige Erkenntnisse für die optimale Steuerung von Ladevorgängen im Anwendungsfall der geteilten Mobilität sammeln. Eine zusätzliche Grundlage für die wirtschaftliche Verwertung durch Aufzeigen neuer Geschäftsmodelle ergibt sich durch die Forschungsarbeiten des IAT im Kontext der ubstack-Plattform, die im Rahmen des Projektes um wesentliche Funktionalität im Kontext des Carsharings erweitert wurde.

Wissenschaftliche Verwertung

Das FZI wird die Erfahrungen aus dem Projekt für die weitere Forschung nutzen. Die Optimierung von Energiesystemen und das Laden von Elektrofahrzeugen spielt in vielen laufenden Forschungsprojekten des FZI eine große Rolle, wodurch die sehr praxisnah gesammelten Erfahrungen aus dem Projekt von großem Wert sind und wichtige Impulse zur Lenkung weiterer Aktivitäten bieten. Insbesondere ist auch die Forschung des FZI an der künftigen Ausgestaltung des §14a Energiewirtschaftsgesetz sowie im Kontext intelligenter Messsysteme zu erwähnen, in der auch das intelligente Laden von Elektrofahrzeugen explizit einbezogen wird. Ähnliche Schwerpunkte bildet die Verwertungsstrategie des IAT ab. Neben der Integration von stichhaltigen Randbedingungen in Lademanagementalgorithmen ist das IAT bestrebt, die im Rahmen des Projekts erzielten Forschungsergebnisse in weitere Projekte einzubringen. Insbesondere sollen die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Algorithmen so erweitert werden, dass neben unternehmensfremden Carsharing-Fahrzeugen gleichzeitig auch die unternehmenseigenen internen Fahrzeuge berücksichtigt werden. Darüber hinaus werden FZI und IAT im Zuge von Veranstaltungen z. B. mittels Präsentationen und Vorträgen den Transfer der Kernerfahrungen aus dem Projekt gewährleisten und somit einem breiten Kreis zugänglich und nutzbar machen.

Start-ups

Das FZI ist Unterstützer von AXEL, dem Energie-Accelerator, der mehrere Start-ups auf dem Gebiet der Elektromobilität, der Ladetechnik und des Energiemanagements fördert. Neu gewonnene Erkenntnisse aus diesem Projekt können dazu führen, dass weitere Start-ups

gegründet oder bestehende Start-ups besser entwickelt werden. Zudem bietet das FZI House of Living Labs eine Umgebung zur Weiterentwicklung und Evaluation von innovativen Lösungen inklusive Zugriff auf energetische Anlagen. Die im Rahmen des Projekts geschaffene Infrastruktur sowie gewonnene Erkenntnisse können somit zukünftig auch bei der prototypischen Entwicklung und beim Erproben neuer Konzepte und Projektideen große Mehrwerte liefern. Das IAT ist des Weiterem bestrebt, die im Projekt weiterentwickelte ubstack-Plattform in Form eines eigenständigen Dienstleisters für Flottenmanagement, Elektromobilität und intelligenter Ladesteuerung auszugründen.

7. Veröffentlichungen

Veröffentlichungen im direkten Kontext des INPUT-Projekts „DualCharge“ sind im Rahmen der zeitlich beschränkten Projektlaufzeit aufgrund des angewandten Charakters des Projektes nicht erfolgt.