Wirkkette Laden Verbundprojekt

Powered by CHARIN

Projekt Wirkkette Laden

Abschlussbericht v2.6

11.04.2023

Charging Interface Initiative (CharIN) e.V.
c/o innos GmbH
Kurfürstendamm 11
10719 Berlin Germany

Contact
André Kaufung
Phone +49 30 288 8388-0
Fax +49 30 288 8388-19
Mail coordination@charin.global
Web www.charin.global

Inhalte

1. Einleitung ... 3
1.1. Aufgabenstellung ... 3
1.2. Projektziele ... 4
1.3. Planung und Ablauf ... 5
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand ... 7
1.5. Zusammenarbeit ... 8
2. Projekt ... 9
2.1. Erzieltes wissenschaftlich-technisches Ergebnis ... 9
2.1.1. AP1 Abstimmung eines gemeinsamen Big Pictures eines ÖKOSYSTEM Ladens ... 10
2.1.2. AP2 Datenerfassung von exemplarischen Ladevorgängen und Mapping der auftretenden Problemfelder auf eine bestehende IST-Situation ... 14
2.1.3. AP3 Untersuchung der „User Experience Laden“ ... 17
2.1.4. AP4 Entwicklung einer Methodik zur Beschreibung des Reifegrads der Schnittstellen ... 26
2.1.5. AP5 Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität der Schnittstellen ... 29
2.1.6. AP6 Weiterentwicklung des Zielbilds der Wirkkette Laden ... 34
2.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit ... 38
2.3. Veröffentlichung ... 39
3. Erfolgskontrollbericht ... 40
3.1. Beitrag Ergebnis zum Förderziel ... 40
3.2. Wissenschaftliche oder technische Erfolgsaussichten ... 40
3.3. Ausblick ... 41
3.4. Einhaltung Kosten und Zeitplanung ... 41
4. Referenzen ... 42
5. Anhang ... 43

1. Einleitung

1.1. Aufgabenstellung

Bis in die 2000er Jahre herrschte bei der Elektromobilität Pioniergeist, und sowohl Fahrzeuge als auch Lademöglichkeiten waren im Wesentlichen Prototypen; für E-Fahrzeug-Nutzer war es daher an der Tagesordnung, dass Ladevorgänge lange dauerten und nicht jede Anfahrt an eine Lademöglichkeit auch in einem geladenen Fahrzeug resultierte.

Heute werden immer mehr E-Fahrzeuge in Serie gefertigt und mit großer öffentlicher Anstrengung adäquate Ladeinfrastrukturen aufgebaut. Weiterhin kommen viele neue Produkte, Funktionen, Dienste (z.B. **Plug and Charge oder Vehicle to Grid**) und Geschäftsmodelle auf den deutschen Markt, und zwar sowohl von deutschen als auch von ausländischen Marktteilnehmern. Dies erhöht die Komplexität des Ladevorgangs und führt auf Basis interner Daten in 10-15% aller Fälle dazu, dass ein Fahrzeug, das sich an einem Ladepunkt befindet, nicht geladen werden kann. Zudem wird der Vorgang des Ladens eines Elektrofahrzeugs zukünftig mehr und mehr Nutzende betreffen, die keine Innovators oder Early Adopters und daher weniger technikaffin sind. Es ist daher zu prüfen, ob heutige Ladetechnologien auch diesen Kundengruppen zu positiven Lade-Erlebnissen verhelfen.

Ein entscheidender Faktor ist dabei, dass sehr viele unterschiedliche Marktteilnehmer wie bspw. Charge Point Operators (CPOs), E-Mobility Provider (EMPs), Hersteller von Fahrzeugen (OEM), Hersteller von Ladestationen (EVSE), Backend-Betreiber und Netzbetreiber (Grid) zusammen eine reibungslose Wirkkette bilden müssen, damit Fahrzeuge zuverlässig geladen werden können. In der folgenden Übersicht sind die unterschiedlichen Marktteilnehmer in einem vereinfachten **"Big Picture"** eines **ÖKOSYSTEMS Laden** und die logischen Schnittstellen grundsätzlich dargestellt (Quelle: BMW, modifiziert):

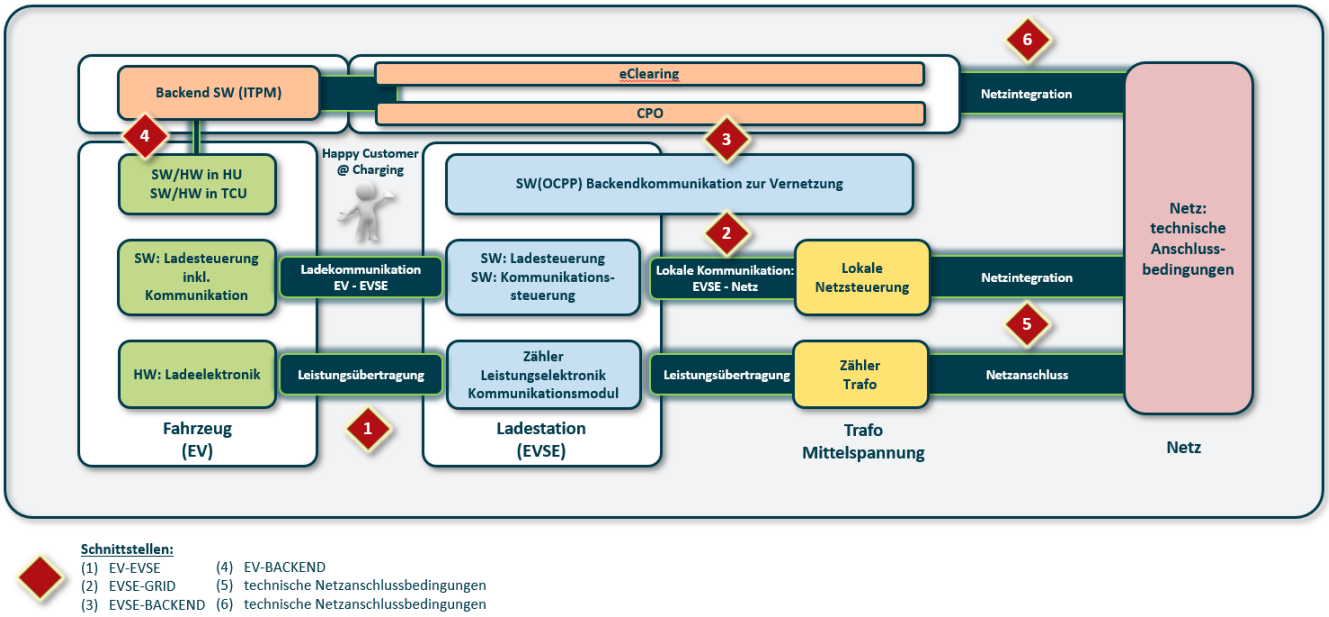


Abbildung 1 Vereinfachte Übersicht Ökosystem Laden (Quelle: BMW)

Die Interoperabilität der einzelnen Komponenten einer **Wirkkette Laden** (Fahrzeug, Ladestation, Energieversorgung, Backend, Smartphone, etc.) der verschiedenen Marktteilnehmer ist dabei von entscheidender Bedeutung. Das potenzielle Zusammenwirken der einzelnen Komponenten kann nur durch eine eindeutige Definition der logischen Schnittstellen erfolgen. Für die Schnittstellen liegen bereits internationale Standards vor, welche als Basis für die Produktherstellung herangezogen werden können. Die Standards spezifizieren nicht nur Kommunikationsaspekte, sondern auch den Energiefluss, die elektromagnetische Verträglichkeit und Sicherheitsaspekte. Bei dem Versuch zu Laden "steckt" der Kunde

als Endanwender das System aus unterschiedlichen Lieferanten zusammen und erwartet ein positives Ladeerlebnis. In der Realität haben bis heute viele der Standards Neuland betreten und die technischen Spezifikationen wurden aus unterschiedlichen Blickwinkeln der Betrachtung erarbeitet. Zudem sind die betroffenen Lade-Standards insgesamt noch „jung", haben meist erst wenige Revisionen durchlaufen, und ihre Qualität ist nicht mit denen vergleichbar, die über Jahrzehnte hinweg in den Standardisierungsgremien bearbeitet und auch harmonisiert wurden. Weiterhin gibt es für viele der Schnittstellen noch keine genormten Testfälle und Testsysteme, so dass letztendlich die Produkte vieler verschiedener Hersteller mit erheblichem Aufwand gegeneinander getestet werden müssen, um ein möglichst reibungsloses Funktionieren in der gesamten **Wirkkette Laden** sicherzustellen. Darüber hinaus gibt es bei den beteiligten Marktakteuren bislang kein gemeinsames Gesamtverständnis dafür, welche Aspekte in der **Wirkkette Laden** am häufigsten dazu führen, dass eine Ladevorgang nicht wie gewünscht abgeschlossen werden kann; dies geschieht vor dem Hintergrund, dass die einzelnen Beteiligten jeweils individuell an den Herausforderungen arbeiten, aber bisher keine gemeinsame Sicht für die Problematik entwickelt wurde und als gemeinsame Absprungbasis für notwendige Weiterentwicklungen vorliegt.

1.2. Projektziele

Das Gesamtziel des hier beschriebenen Projekts ist die Betrachtung der kompletten **Wirkkette Laden** der beteiligten Marktteilnehmer bei den Ladevorgängen @PUBLIC und @PUBLIC HIGHWAY mit dem Fokus auf eine erfolgreiche Ladung des Fahrzeugs (auch unter der Berücksichtigung der Funktionalität **„Plug and Charge und Vehicle to Grid"**). Der Lösungsansatz für das beschriebene Problem besteht darin, auf Basis von Daten realer Ladevorgänge Fehler und Fehlerursachen nach Häufigkeiten entlang der **Wirkkette Laden** darzustellen und Erkenntnisse aus dem Reallabor-Versuch zu ergänzen. Aus dieser Gesamtschau heraus wurde eine Methodik zur Beschreibung des Reifegrads der am Ladevorgang beteiligten Schnittstellen im **ÖKOSYSTEM Laden** erstellt, um besser zu verstehen, an welchen Schnittstellen und Elementen der Wirkketteladen zuerst angesetzt werden muss, um die Qualität der Ladevorgänge zu verbessern. Als Gesamtergebnis des Projekts soll dann ein Maßnahmenkatalog für die beteiligten Marktteilnehmer definiert werden. Darüber hinaus wird das Zielbild der **Wirkkette Laden** in einem ersten Ansatz überblicksartig um zukünftige Szenarien wie bspw. autonomes Parken und automatisiertes Laden erweitert.

Zielstellung ist dabei, unterschiedliche Fahrzeuge und Ladesäulen unterschiedlicher Hersteller zu betrachten. Im Projekt werden daher Fahrzeuge verschiedener Herkunft eingesetzt:

a) Für die Datenanalyse werden Daten von Fahrzeugen herangezogen, die sich im Besitz von Privatpersonen oder Unternehmen befinden und die im Projekt betrachteten Säulen anfahren. Auf Basis der Anzahl der betrachteten Ladesäulen sowie der dort durchschnittlich durchgeführten Ladevorgänge pro Tag im Betrachtungszeitraum von 12 Monaten sollen mindestens 40.000 Ladevorgänge analysiert werden. Dies entspricht etwa 7.000 unterschiedlichen Fahrzeugen.

b) Für den Reallaborversuch mit Probanden werden Fahrzeuge einer Autovermietung eingesetzt, die über einen breiten Modellquerschnitt verfügt.

1.3. Planung und Ablauf

Das Projekt wurde in mehrere Arbeitspakete unterteilt und Verantwortlichkeiten wurden vergeben. Hierbei tritt **CharIN e.V**. als Konsortialführer und Product Owner für das CCS-Ladesystem auf und koordiniert die Projektaktivitäten.

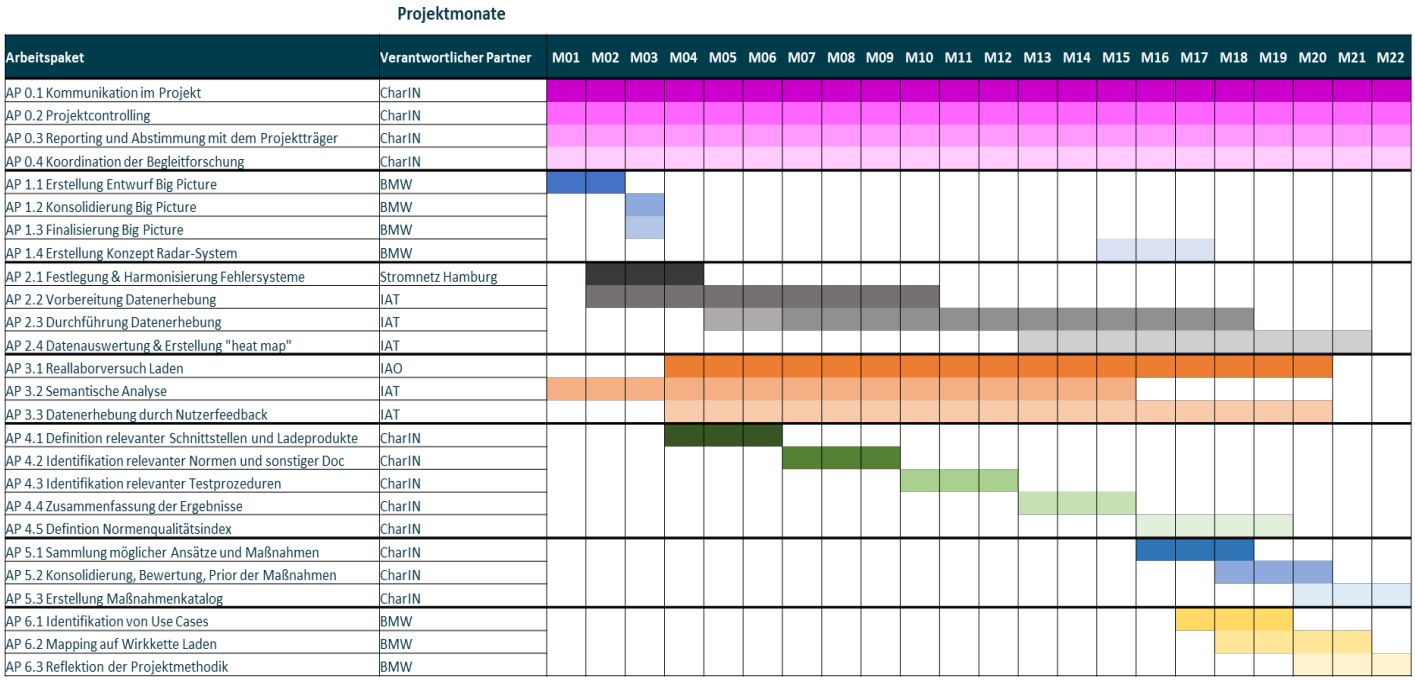
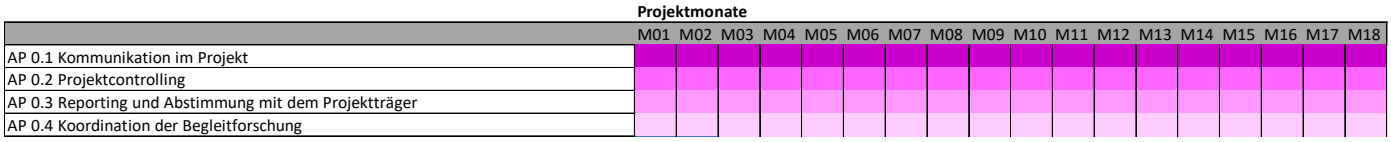


Abbildung 2 Projektplan Wirkkette Laden

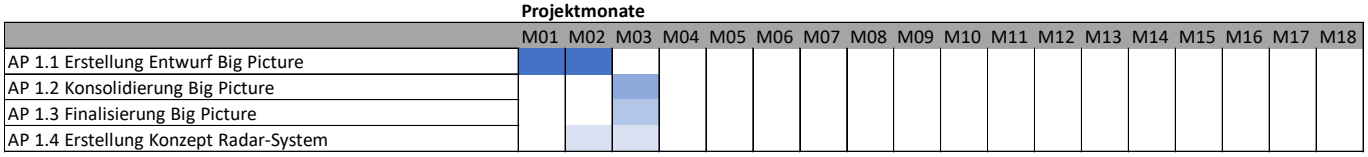
AP0

Im Rahmen dieses Arbeitspakets werden die Projektaktivitäten zentral durch den **CharIN e.V.** koordiniert. Es erfolgt eine fortlaufende Budget- und Zielerreichungskontrolle, die Abstimmung und das Reporting an den Projektträger. Weiterhin übernimmt der **CharIN e.V.** die Rolle des projektspezifischen Ansprechpartner für die Begleitforschung der **NOW GmbH**.



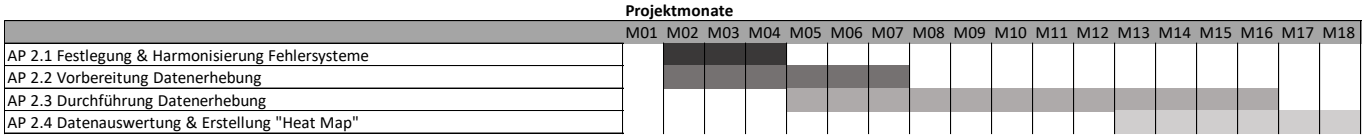
AP1

Abstimmung eines gemeinsamen **Big Pictures** eines **ÖKOSYSTEM Ladens** in einem intermodalen Verkehrs- und Energiesystem 2030 inkl. der beteiligten Key-Player-Rollen im Markt, unter Berücksichtigung relevanter Schnittstellen und die Schnittstellen spezifizierenden Standards, u. a. OCPI, ISO 15118 (Normierungsorganisationen: ISO, SAE, UL, IEEE…) / sowie auf den Standards basierende Funktionen und Services wie bspw. **Plug and Charge**, **vehicle to grid** oder **Ladesäulenreservierung**. Erarbeitung einer gemeinsamen „Radar-Sicht“ (= Management-Sicht) der **Wirkkette Laden** mit Blick auf IST-Situation heute (2020) und SOLL-Situation 2030. Dies kausal abgeleitet aus dem **Big Picture ÖKOSYSTEM Laden**.



AP2

Über einen Zeitraum von zwölf Monaten werden an den Standorten der Projektpartner Daten von Ladevorgängen gesammelt und die nicht erfolgreichen Ladevorgänge hinterher analysiert. Auf dieser Basis erfolgt die Entwicklung einer **„Heatmap“** entlang der Wirkkette durch das **ÖKOSYSTEM Laden** (Problemhierarchieanalyse) und zu einer gezielten Ursachenbeschreibung/ -analyse (wo genau „klemmt“ es und was ist der Grund).

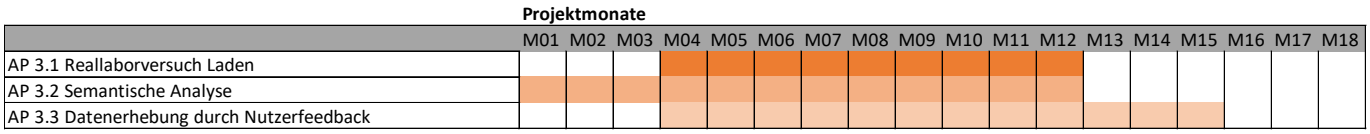


AP3

Die Bearbeitung dieses Projektteils erfolgt in drei Ansätzen:

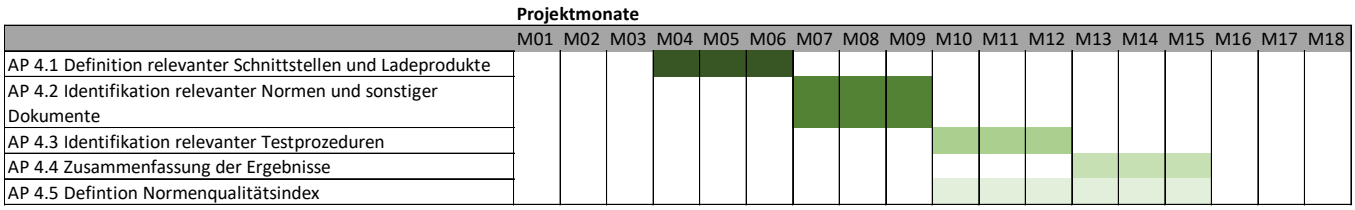
1. Im **„Reallaborversuch Laden“** werden erfahrene und unerfahrene Personen Ladevorgänge durchführen, die dann im Rahmen eines Design-Thinking-Ansatzes untersucht werden.
2. Auswertung vom Nutzer-Feedback, das über die bei E-Fahrzeugbesitzern sehr bekannte Plattform **GoingElectric** eingegangen ist.
3. Auswertung von Nutzer-Feedback, das über einen Fragebogen direkt an der Ladesäule abgefragt wird.

Zielstellung des gesamten Arbeitspakets ist es, Fehlerquellen mit in die Betrachtung einzubeziehen, die sich möglicherweise nicht ausschließlich auf eine fehlerhafte technische Umsetzung der bestehenden Standards zurückführen lassen, sondern eher im Kontext **„Usability“** zu sehen sind. Weiterhin können auch Fehler beim Ladevorgang entstehen, die im Backend der Ladeinfrastruktur, das in AP 2 analysiert wird, gar nicht sichtbar werden, weil der Ladevorgang nie begonnen wurde.



AP4

In diesem Arbeitspaket soll ein Set schnittstellenspezifizierender Dokumente festgelegt und ein Normenqualitätsindex erarbeitet werden. Dies soll die Schnittstellen und Ladeprodukte entlang der **Wirkkette Laden** und ihre **Interoperabilität** beschreiben.



AP5

Im Rahmen des Arbeitspakets 5 sollen die in den vorherigen Arbeitspaketen gewonnenen Erkenntnisse zu Problemen und Fehlern beim Ladevorgang an unterschiedlichen Schnittstellen entlang der der erarbeiteten Wirkkette konsolidiert und priorisiert werden. Daraus wird dann ein **bewerteter Maßnahmenkatalog**

abgeleitet, der in eine Roadmap eingearbeitet wird. Diese Roadmap zeigt auf, inwiefern die Qualität der Schnittstellen kontinuierlich auf Basis der umzusetzenden Maßnahmen verbessert werden kann. Nach Analyse der IST-Situation ist noch die SOLL-Situation zu einem definierten Zeitpunkt zu erarbeiten und festzulegen. Diese SOLL-Situation beschreibt das erwartete Ergebnis aus Sicht des Kunden.

	Projektmonate																	
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
AP 5.1 Sammlung möglicher Ansätze und Maßnahmen																		
AP 5.2 Konsolidierung, Bewertung, Priorisierung der Maßnahmen																		
AP 5.3 Erstellung Maßnahmenkatalog																		

AP6

Inhalt dieses Arbeitspaketes sind sowohl zukünftige Use Cases als auch **zukünftige Kundenfunktionen** (automatisiertes Laden, Komfort-Laden, Betriebsstrategieunterstützung PHEV, autonomes Parken und autonomes Umparken).

	Projektmonate																	
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
AP 6.1 Identifikation von Use Cases																		
AP 6.2 Mapping auf Wirkkette Laden																		
AP 6.3 Reflektion der Projektmethodik																		

1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Wissenschaftlicher Stand

Die Forschung im Bereich Ladeinfrastruktur konzentriert sich auf technisch-wirtschaftliche Aspekte und die Präferenzen der potenziellen Nutzer (Globisch, Plötz, Dütschke & Wietschel 2019: 55). Philipsen, Brell, Brost, Eickels und Ziefle (2018) unterteilen die gegenwärtige Forschung zum Laden von Elektrofahrzeugen (BEV) in zwei Hauptthemenbereiche: **Anforderungen der Nutzer an die Ladeinfrastruktur** und die **Entscheidungsprozesse bei der Wahl der Ladestation** auf der einen Seite und der Umgang mit Batterietechnologie und **Reichweite aus psychologischer Sicht** auf der anderen Seite (Philipsen et al. 2018: 476). Sun, Yamamoto und Morikawa (2016) stellen fest, dass es wenig Forschung zu Wahrnehmung und Präferenzen der Nutzer zum Laden von BEV gibt. Globisch et al. (2019) heben hervor, dass dies erstaunlich sei, da die **Notwendigkeit des Ladens** einer der Hauptunterschiede zu konventionell betriebenen Fahrzeugen ist (Globisch et al. 2019: 54). Es zeigt sich dadurch, dass es ein Forschungsinteresse in Bezug auf das Laden von Elektrofahrzeugen gibt.

Da die Ladeinfrastruktur in Deutschland dezentral organisiert ist, wird zwischen unterschiedlichen **Lade-Use-Cases** differenziert. Als «Alltagsladen» im privaten Raum wird das Laden zuhause, am Eigenheim oder Mehrfamilienhaus, und bei der Arbeit kategorisiert (Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur 2020: 9). «Zwischendurchladen» findet während einer anderen Tätigkeit im halböffentlichen oder öffentlichen Raum statt: zum Beispiel auf dem Kundenparkplatz während eines Einkaufs oder im Straßenraum, wenn das BEV während eines Termins geparkt wird. **«Schnellladen»** hingegen ist ein selbstständiger Wegezweck, für den ein Schnellladehub innerorts oder an einer Verkehrsachse angefahren wird (ebd.).

Technischer Stand

2013 wurde auf politischer Ebene die Entscheidung getroffen, europaweit das CCS-Ladesystem mit einem CCS Typ2, Combo2-Stecker als Standardausstattung von öffentlicher Ladeinfrastruktur verbindlich vorzuschreiben und dieses CCS-Ladesystem an den transeuropäischen Korridoren einzusetzen. Um die Kompatibilität von Fahrzeugen verschiedener Hersteller mit Ladesäulen zu gewährleisten, wurden zunächst **Interoperabilitätstests** durchgeführt. Diese bedingen bisher OEM-spezifische, bilaterale Abstimmungen mit den Ladesäulenherstellern und verursachen enormen Zeit- und Kostenaufwand, da sowohl verschiedene Fahrzeuge als auch verschiedene Ladesäulen physisch vorgehalten werden müssen, bzw. im

Rahmen von **„Testivals“**[1] zu wenigen Zeiten im Jahr zur Verfügung gestellt werden. Die Erkenntnisse sind dabei aufgrund der Laborbedingungen und stichprobenartigen Prüfungen tendenziell gering. Belastbare Robustheitstests können aufgrund der genannten Testbedingungen ebenfalls kaum abgeleitet werden.

Eine Lösung, um für das CCS-Ladesystem Interoperabilitätstests von Fahrzeugen verschiedener Hersteller mit Hilfe eines **„Golden Test Device“** standardisiert und reproduzierbar zu simulieren, wurde durch das BMWi-geförderte **SLAM-Projekt** (Schnellladenetz für Achsen und Metropolen, http://www.slam-projekt.de/) vorangetrieben. An dem Projekt waren auch die Partner **BMW, IAO** und **IAT** beteiligt, die im hier beschriebenen Konsortium **„Wirkkette Laden“** ebenfalls eine zentrale Rolle haben. Aktuell wird aufsetzend auf das **SLAM-Projekt** ein **„CharIN CCS-Test Device“ (CCTS)** entwickelt. Dabei liegt der Fokus aus Gründen der Komplexität aktuell ausschließlich auf der Ladeschnittstelle zwischen EV und EVSE.

Andere Themen in der **Wirkkette Laden** in der Customer Journey der Verbraucher wie beispielsweise Zugang und Abrechnung beim Aufladen gelten ebenfalls als mögliche Hemmnisse für den potenziellen Erfolg von Elektromobilität. Gemäß verschiedener Marktstudien der an SLAM beteiligten Unternehmen, wurde damals eine Vielzahl von Zugangs- und Abrechnungssystemen durch verschiedene Firmen und Initiativen erprobt. Auch hier wurde die Notwendigkeit deutlich, die Situation im Markt zugunsten kundenfreundlicher Lösungen zu optimieren und für das CCS-Ladesystem für einen kundenfreundliches Laden eine Festlegung zu treffen.
Franke & Krems (2013) kamen zu dem Ergebnis, dass ein Großteil der Nutzer das Laden eines Elektrofahrzeugs als leicht ansieht, wobei die Handhabung des Ladekabels am häufigsten schwergefallen ist. Im **fast-E Projekt** (http://www.fast-e.eu; 2017) wurde mittels einer Nutzerbefragung ermittelt, dass u.a. fehlende Preistransparenz, von anderen Elektroautos blockierte Ladesäulen und die Nicht-Akzeptanz mancher Ladekarten zu den potenziellen Ursachen für **nicht erfolgreiche (Schnell)Ladevorgänge** gehören.
Im EU-Förderprojekt **„evRoaming4EU“** (https://www.evroaming4.eu/) wird die Schnittstelle zwischen Plattformen, EMPs und CPOs via Open Charge Point Interface weiterentwickelt, doch hier wird die Schnittstelle zum Fahrzeug nicht gesondert betrachtet. Im Rahmen des hier skizzierten Vorhabens **„Wirkkette Laden“** wird eine Zusammenarbeit mit der **Open Charge Alliance**[2] **(OCA)** angestrebt.

1.5. Zusammenarbeit

Zusammenarbeit im Projekt

Die Zusammenarbeit im **Projekt „Wirkkette Laden“** erfolgte in 2–3-monatigen Projekttreffen, indem der jeweilige Stand der verschiedenen Arbeitspakete synchronisiert und weitere Vorgehensweisen diskutiert wurden. Diese Projekttreffen fanden virtuell als auch vor Ort bei verschiedenen Konsortialpartnern statt. Sie beinhalteten auch Gastvorträge aus verschiedenen Themenbereichen. Die **NOW GmbH** war ebenso in die Synchronisation mit eingebunden wie das **Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)**. Sie begleiteten das Projekt über die gesamte Laufzeit und haben die erforderlichen Maßnahmen wahrgenommen und werden sie entsprechend verwerten.

Zusammenarbeit mit Dritten

Im Projekt sind auch **assoziierte Partner** involviert gewesen, die unterstützend das Projekt begleitet haben wie die Porsche Engineering Group GmbH und die Autobahn Tank & Rast GmbH. Sie lieferten Daten zu bestimmten Arbeitspaketen, nahmen an Projektmeetings teil und haben an den Diskussionen aktiv teilgenommen.

[1] Die sogenannten „Testivals“ sind internationale Testevents, organisiert und veranstaltet durch CharIN, mit dem Zweck eine Plattform zu schaffen, in der Stakeholder der gesamten Wertschöpfung aus dem Bereich E-Mobilität Interoperabilitätstests durchführen können, insbesondere an der Schnittstelle EV-EVSE. (https://www.charinev.org/events/charin-testivals/)
[2] https://www.openchargealliance.org/

Außerdem wurde eine **Tagebuchstudie** durchgeführt. Hierfür wurden erfahrene Elektrofahrzeugnutzer über einen bestimmten Zeitraum über die Ladevorgänge befragt und die Erfahrungswerte ausgewertet. Weitere Details hierzu siehe **Abschnitt 2.1.3 AP3 Untersuchung der „User Experience Laden“ unter „Tagebuchstudie“**.

Zusätzlich wurde ein **Reallaborversuch** durchgeführt indem unerfahrene Personen dabei beobachtet wurden, wie sie das Elektrofahrzeug laden. Die hierbei gesammelten Erkenntnisse flossen in die Auswertung der Userexperience ein und helfen dabei zu verstehen, wo Hürden beim Laden auftreten können. Diese werden im **Abschnitt 2.1.3 AP3 Untersuchung der „User Experience Laden“ unter „Reallaborversuch“** näher erläutert.

2. Projekt

2.1. Erzieltes wissenschaftlich-technisches Ergebnis

Projektergebnisse

Unter dem obersten Ziel des kundenfreundlichen Ladens und die damit verbundene maximale Kundenzufriedenheit, hat das Konsortium das Ziel verfolgt die Herausforderungen im Ladevorgangs/eines Ladeerlebnisses zu identifizieren und Lösungsansätze zu erarbeiten.

Ziel des Projektes ist es industrie- und sektorübergreifend erstmalig ein einheitliches und verbindliches und vor allem transparentes **BigPicture** des **ÖKOSYSTEM Ladens** zu entwickeln und zu etablieren. Das **Big Picture** wurde im Projekt erarbeitet und steht der Öffentlichkeit auf der Webseite des NOW als eines der Kernergebnisse dieses Förderprojekts zur Verfügung. Damit erfolgte eine sektorübergreifende Harmonisierung der unterschiedlichen Sichtweisen und eine Festlegung von den in der Wirkkette Laden beteiligten Komponenten, Teilsystemen und Schnittstellen in einem gemeinsamen Architekturbild. Eine „Urmeter“ für die angedachten Funktionsentwicklungen im Ökosystem Laden.

Ziel 1: Erstellung einer **„Heatmap“** der am häufigsten auftretenden Probleme, die zu einem nicht erfolgreichen Ladevorgang führen, anhand der in der Abbildung skizzierten Wirkkette; dies auf Basis einer im Projekt durchgeführten Analyse mit bereits installierten und sich im Betrieb befindlichen Ladesäulen sowie realen Kundenfahrzeugen. Im Vorfeld wird mit den Projektpartnern ein gemeinsames Verständnis der **Wirkkette Laden** erarbeitet. In die **„Heatmap“** werden neben rein technischen Themen auch Aspekte des Nutzerverhaltens einfließen, um auch diese Fehlerquellen transparenter zu machen.

Ziel 2: Beschreibung der Qualität bzw. des **„Reifegrads“** der jeweiligen Schnittstellen im **ÖKOSYSTEM Laden** auf Basis der vorliegenden Spezifikationen und Normen. Diese Beschreibung soll über das Projektende hinweg fortbestehen und zentral für die Marktteilnehmer durch den Projektkoordinator **CharIN e. V.** gepflegt und nachgehalten werden. Hierfür ist ein Zusammenwirken mit der Nationale Plattform Mobilität (NPM) angestrebt.

Ziel 3: Ableitung konkreter Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität der Schnittstellen (z. B. Entwicklung von Testmethoden, Standardisierungsharmonisierungen, Usability-Aspekte aus Nutzersicht).

Ziel 4: Weiterentwicklung des Zielbilds der **„Wirkkette Laden“** in einem gemeinsamen **ÖKOSYSTEM Laden** um Aspekte zukünftiger Mobilitätsanforderungen (automatisiertes konduktives Laden, automatisiertes

Parken etc.) mit einzubeziehen; dies auch unter Betrachtung der Risiken, welche sich durch diese neuen Technologien im Hinblick auf einen erfolgreichen Ladevorgang ergeben können.

2.1.1. AP1: Abstimmung eines gemeinsamen Big Pictures eines ÖKOSYSTEM Ladens

Im Rahmen der 3 Teilarbeitspakete im AP1 wurde ein **Big Picture Ökosystem Laden (ÖSL)** in einem intermodalem Verkehrs- und Energiesystem 2030 mit allen Kernteilnehmern und deren Rollen sowie mit allen relevanten Schnittstellen in der „Version 1“ erarbeitet und als industrieübergreifende Vorlage herausgegeben.

Für das graphisch ausgearbeitete **BigPicture ÖSL 2030** wurde ein Dokument mit den drei kongruenten Berichtsebenen erstellt und auf der Homepage des **CharIN e.V.** als erstes konkretes Arbeitsergebnis unter Mitwirkung der **Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur** bereitgestellt. Der breiten Öffentlichkeit wurde das **Big Picture ÖSL 2030** auf der International Electric Vehicle Symposium & Exhibition (**EVS35**) vom 11./15.06.2022 in Oslo sowie auf der Konferenz zur Ladeinfrastruktur des **Bundesministeriums für Digitales und Verkehr** am 29.06.2022 in Berlin vorgestellt. Viele intensive Gespräche am Stand der **Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur** zeigten den Bedarf einer solchen gemeinsamen Basis und daher wurde die Festlegung solch eines universellen Urmeter für ein intermodales Verkehrssystem mehrfach anerkennend zum Ausdruck gebracht.

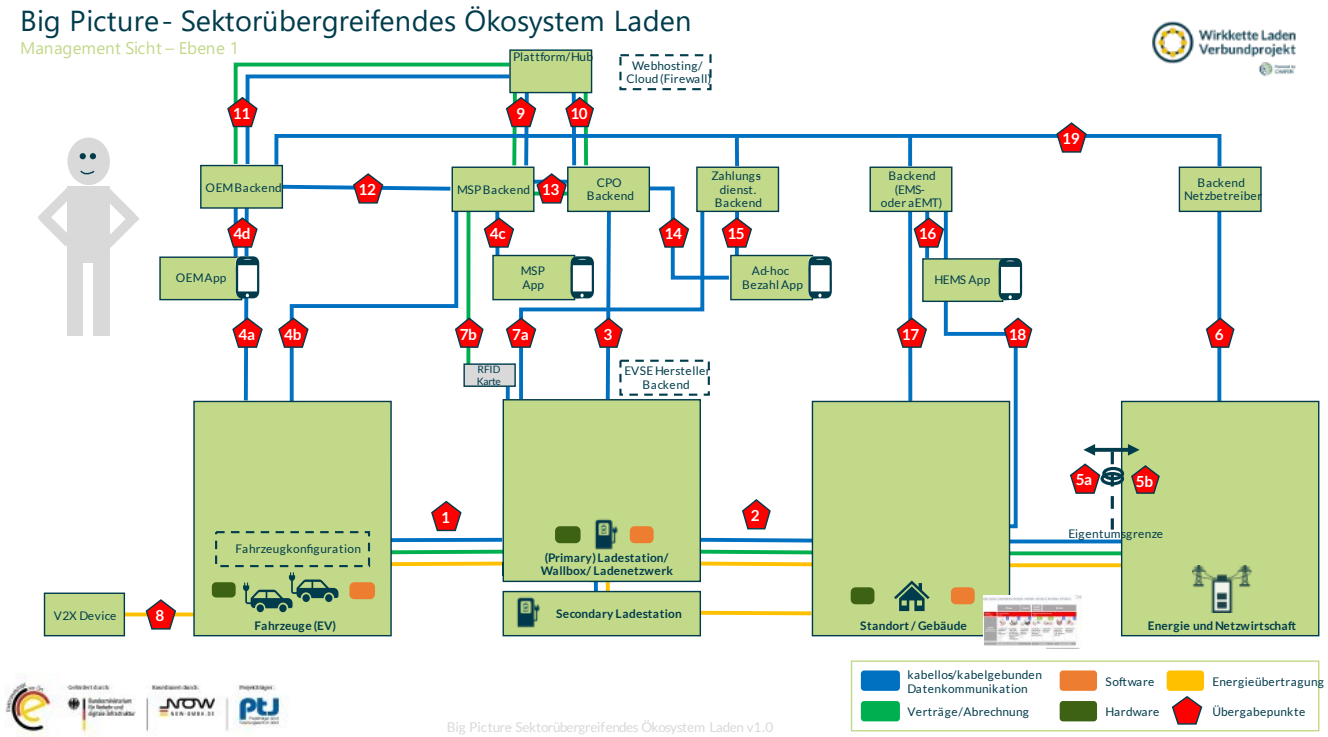


Abbildung 3 Big Picture ÖKOSYSTEM Laden 1.0 – Management Sicht

Konzept einer **Dashboard-/Radar-Darstellung** des Status der relevanten Normen und Spezifikationen entlang der **Wirkkette Laden**.

Schritt 1: Konzeption eines „Radar-Systems“ auf Basis der Wirkkette Laden als schnelles Übersichtstool für die Erfassung des Status rund um die relevanten Normen in Form eines „Dashboards“ mit Farbcodierung (grün – gelb – rot) und anschließende Abstimmung des Gerüsts mit den Partnern. An der Erstellung des Radar-Systems wird zudem die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur beteiligt.

Schritt 2: Das Radar-System wird dann mit den Ergebnissen aus AP 4 gefüllt. Das Radar-System wird alle Komponenten im ÖKOSYSTEM Laden abdecken (Software/Hardware/EV/EVSE/Netz/Backend). Für die

passende Detaillierung ist eine gemeinsame Ausprägung der Betrachtung zu finden und festzulegen. Dies z.B. unter Zuhilfenahme von Expertise aus dem Bereich Qualitätsmanagement bzw. Six Sigma.

Schritt 3: Anwendung des Radar-Systems für die IST-Situation heute und eine gemeinsame Prognose für eine erwartete Situation in 2030.

Ergebnis: gemeinsame Einschätzung einer Zielstellung 2030 und Definition des Spannungsfelds zwischen IST und SOLL als Grundlage für weitere Maßnahmen. Die vorgeschlagenen Lösungsansätze sind eine gemeinsame Initiative der beteiligten Marktteilnehmer, um den Markthochlauf der batterieelektrischen E-Mobilität zu unterstützen.

Die Konzeption eines **„Radar-Systems“** auf Basis der **Wirkkette Laden** als schnelles Übersichtstool für die Erfassung der Kundenfunktionen Laden rund um die relevanten Normen der betroffenen Schnittstellen wurde erarbeitet und liegt als Aufsatzpunkt vor. Grundlage dabei ist das CCS-Stufenmodell der Kundenfunktionen Laden welches mit den damals rund 220 Mitgliedern des **CharIN** abgestimmt und festgelegt wurde. Die Matrix des Mengengerüsts der CCS Kundenfunktionen Laden aufgespannt über die Schnittstellen des **BigPicture ÖKOSYSTEM Laden** ergibt damit das Wirkketten Radar Kundenfunktionen Laden. In einem ersten Proof of Concept wurde im Rahmen des Förderprojekts **Wirkkette Laden** auf die CCS-Basisfunktionen fokussiert (**CCS-Stufenmodell** Step 1 >> **CCS Basic**). Der hier im Projekt skizzierte Ansatz lässt die Möglichkeiten zur Unterstützung des Hochlaufs der batterieelektrischen E-Mobilität erahnen. Mit Hilfe eines solchen gemeinsamen Radars lassen sich die jeweiligen Kundenfunktion in der **Wirkkette Laden** der Reihe nach, Kettenglied für Kettenglied, Schnittstelle für Schnittstelle durchgehen und erörtern, ob die Schnittstelle in Summe definiert und ausreichend spezifiziert ist. Werden Handlungsbedarfe erkannt, können diese gezielt anhand der im **BigPicture ÖKOSYSTEM Laden** industrieübergreifend festgelegten Nummerierung und Definition der Schnittstellen gezielt mit den diversen Normierungsorganisationen adressiert, abgestimmt und festgelegt werden. Im Verlauf der Bearbeitung der unterschiedlichen Sichten zu den CCS-Ladefunktionen wurde im Rahmen des **FÖP WKL** eine weitere Synchronisation und Harmonisierung mit bestehenden Ladefunktionsbeschreibungen gestartet. Ohne diese Harmonisierung der Betrachtung besteht keine Möglichkeit sich industrieweit zu verstehen.

In den folgenden Darstellungen wird erkennbar, dass die Sicht der Integrationslevel bei der Kundenfunktion Bidirektionales Laden mit eingearbeitet und eine einheitliche und harmonisierte Übersicht sowie ein einheitliches Mengengerüst der CCS-Ladefunktionen erarbeitet wurde.

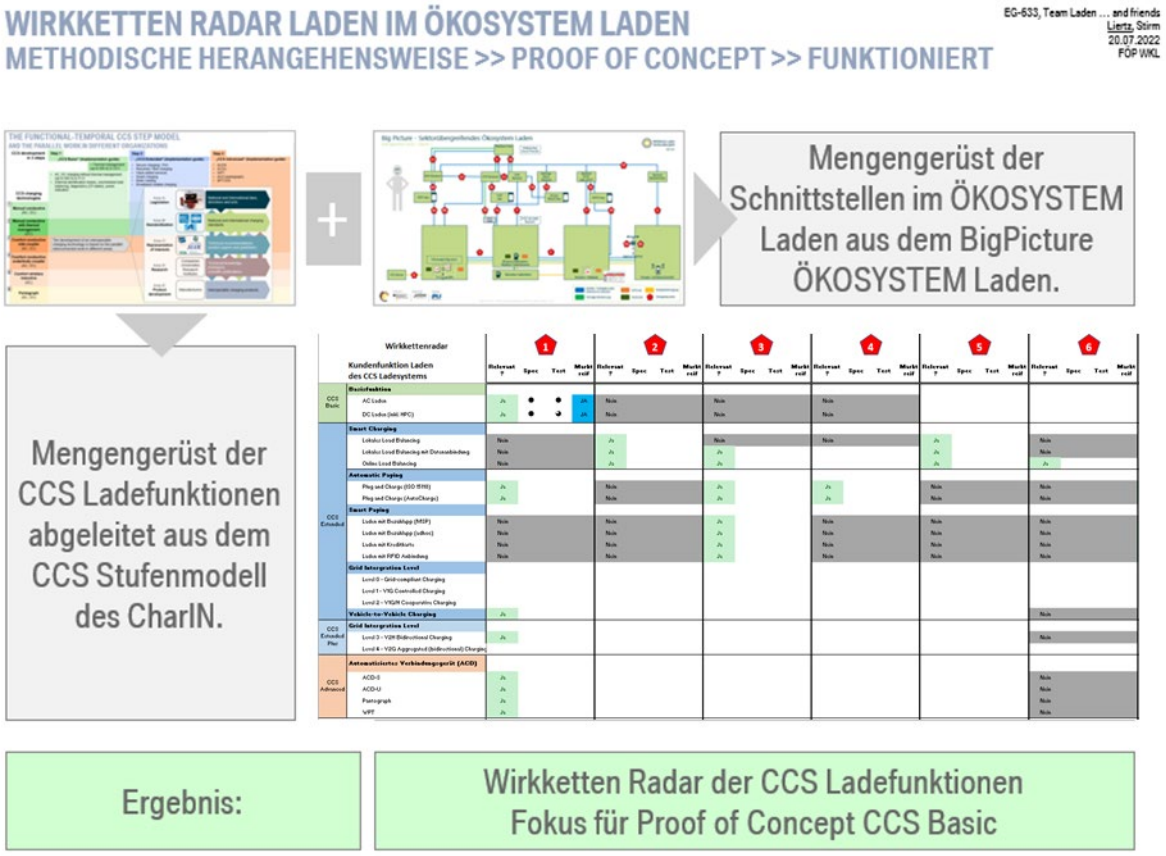


Abbildung 4 Herleitung CCS-Mengengerüst

Eine grundsätzliche Methodik und Vorgehensweise für ein **Wirkketten Radar ÖKOSYSTEM Laden** wurde im Projekt erarbeitet und liegt als Entwurf vor. Aus Sicht und Meinung der Konsortialpartner wird empfohlen den grundsätzlich beschriebenen Schnittstellen Radar in einem **Folgeprojekt** weitergehend zu betrachten und zu pilotieren.

02/2023	CCS Ladefunktions-Mengengerüst 1.0 *CCS charging-function quantity structure 1.0*	1				2				3				4				5				6				7				8				9				10			
	Charging functions for customers in CCS	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif
CCS Basic	Basic Functions																																								
	AC Charging	Ja	●	●	JA	Nein				Nein				Nein																											
	DC Charging (incl. HPC = High Power Charging >> CharIN PowerClass)	Ja	●	◕	JA	Nein				Nein				Nein																											
CCS Extended	Smart Charging																																								
	Local Load Balancing	Nein				Ja				Nein				Nein				Ja				Nein								Nein				Nein				Nein			
	Local Load Balancing w Data connection	Nein				Ja				Ja								Ja				Nein								Nein				Nein				Nein			
	Online Load Balancing	Nein				Ja				Ja								Ja				Ja								Nein				Nein				Nein			
	Automatic Paying																																								
	Plug and Charge (ISO 15118)	Ja				Nein				Ja				Ja				Nein				Nein				Ja				Nein				Ja				Ja			
	Auto Charge (proprietär ohne Schnittstellenfestlegungen)																																								
	Smart Paying																																								
	Payment app (MSP = Mobility Service Provider)	Nein				Nein				Ja				Nein				Nein				Nein				Ja				Nein				Ja				Ja			
	Payment app (ad hoc)	Nein				Nein				Ja				Nein				Nein				Nein				Ja				Nein				Ja				Ja			
	Credit Card (EIM = External Identification Means)	Nein				Nein				Ja				Nein				Nein				Nein				Ja				Nein				Ja				Ja			
	RFID (EIM = External Identification Means)	Nein				Nein				Ja				Nein				Nein				Nein				Ja				Nein				Ja				Ja			
	Vehicle-to-Vehicle Charging	Ja																				Nein								Ja	◔			Nein				Nein			
CCS Extended Plus	Grid Integration Level V2X																																								
	Bidirectional Charging	Ja																				Nein								Nein				Nein				Nein			
	Aggregated Bidirectional Charging																																								
CCS Advanced	Automated Connection Device (ACD)																																								
	ACD-S (Automated Conductive Device - Sidecoupler)	Ja																				Nein								Nein				Nein				Nein			
	ACD-U (Automated Conductive Device - Underbodycoupler)	Ja																				Nein								Nein				Nein				Nein			
	Pantograph	Ja																				Nein								Nein				Nein				Nein			
	WPT (Wireless Power Transfer)	Ja																				Nein								Nein				Nein				Nein			

02/2023	CCS Ladefunktions-Mengengerüst 1.0 *CCS charging-function quantity structure 1.0*	11				12				13				14				15				16				17				18				19			
	Charging functions for customers in CCS	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif	Relevant?	Spec	Test	Marktreif
CCS Basic	**Basic Functions**																																				
	AC Charging																																				
	DC Charging (incl. HPC = High Power Charging >> CharIN Powerclass)																																				
CCS Extended	**Smart Charging**																																				
	Local Load Balancing																					Ja				Ja				Ja						●	JA
	Local Load Balancing w Data connection																					Ja				Ja				Ja						●	JA
	Online Load Balancing																					Ja				Ja				Ja						◑	NEIN
	Automatic Paying																																				
	Plug and Charge (ISO 15118)	Ja								Ja																										◑	JA
	Auto Charge (proprietär ohne Schnittstellenfestlegungen)																																				
	Smart Paying																																				
	Payment app (MSP = Mobility Service Provider)	Nein								Ja																											
	Payment app (ad hoc)	Nein												Ja				Ja																			
	Credit Card (EIM = External Identification Means)	Nein												Ja				Ja																			
	RFID (EIM = External Identification Means)	Nein								Ja																											
	Vehicle-to-Vehicle Charging																																			○	NEIN
CCS Extended Plus	**Grid Integration Level V2X**																																				
	Bidirectional Charging																					Ja				Ja				Ja						◑	NEIN
	Aggregated Bidirectional Charging																																				
CCS Advanced	**Automated Connection Device (ACD)**																																				
	ACD-S (Automated Conductive Device - Sidecoupler)																																			◑	NEIN
	ACD-U (Automated Conductive Device - Underbodycoupler)																																			◔	NEIN
	Pantograph																																			◕	JA
	WPT (Wireless Power Transfer)																																			◑	NEIN

Abbildung 5 Wirkkettenradar

Durch die Impulse der Konsortialpartner konnte die Notwendigkeit einer gemeinsamen „Funktionssicht Laden“ nachvollzogen werden. In der Folge wurde durch das Zusammenziehen und Aussortieren von unterschiedlichen Begriffen und Beschreibungen ein **CCS-Mengengerüst der Ladefunktionen** als Vorschlag für eine industrieweite Abstimmung erarbeitet und festgelegt. Dieses **CCS-Mengengerüst der Ladefunktionen** mit dem expliziten Fokus auf ein kundenfreundliches Laden wurde dann an den bestehenden 7 Lade Use Cases ausgerichtet und einem Proof of Concept unterzogen. Die Kernfragestellung dabei war: Besteht die Möglichkeit die Ladefunktionen aus dem festgelegten Mengengerüst der CCS-Ladefunktionen den bestehenden Lade Use Cases zuzuordnen? Ein Vorschlag wurde in das Konsortium eingebracht, um diese Möglichkeit grundsätzlich zu erklären und als Idee gemeinsam mit den Konsortialpartnern zu diskutieren und weiterzuentwickeln. Im Rahmen der Diskussionen mit den Konsortialpartnern stellte sich heraus, dass der Versuch Fehler in der Wirkkette Laden zuzuordnen ein gemeinsames Verständnis der unterschiedlichen Ladefunktionen und auch ein gemeinsames Verständnis unterschiedlicher Lade Use Cases voraussetzt. Eine Weiterentwicklung des aktuellen Referenzbildes der **7 NPM Lade Use Cases** wurde angestoßen. Das Ergebnis der diversen Sichten und Betrachtungen verschiedener Lade Use Cases wurde in einem **Entwurf Lade Use Cases Wirkkette Laden** zusammengefasst und steht in diesem Förderprojekte damit erstmalig als harmonisiertes Grundlagendokument für die Partner und Teilnehmer in der Industrie im **ÖKOSYSTEM Laden** als Referenz zur Verfügung. Siehe dazu AP 6.

Mit dieser Arbeit im Förderprojekt **Wirkkette Laden** wurden die aktuellen Sichten und Gedanken im Rahmen des Markthochlaufs der E-Mobilität weiter konsolidiert. Sie stellen die dringend benötige Basis bereit, um die Fehler in der Wirkkette Laden - wie angedacht - zielgerichtet und verständlicher diskutieren und vermeiden zu können. In den Projektbesprechungen wurden die Schnittstellenfestlegungen im **Big Picture ÖKOSYSTEM Laden**, die Erweiterung der **NPM Lade Use Cases** und die Festlegung eines **CCS-Ladefunktionsmengengerüsts** als die drei wichtigen Säulen erkannt, um die mannigfaltigen Fragestellungen der Fehlerbilder in der **Wirkkette Laden** gezielt verorten zu können. Die Verortung in einer **„Heatmap“**, gemappt auf das Big Picture des Ökosystem Ladens, hat im Projekt schon erste Klarheit gebracht. Wichtig dabei war das gemeinsame Grundverständnis, kein „fingerpointing“ zu betreiben, wenn das Laden nicht funktioniert, Anerkannt wurde von allen Beteiligten im Konsortium die gemeinsam geschaffene Transparenz dafür zu nutzen, zu identifizieren, wo genau in der **Wirkkette Laden** der Fehler entsteht. Erst mit dem Wissen der Beteiligten Partner, wo genau der Fehler besteht, kann wertfrei und neutral die Ursache für den Fehler gesucht werden. Die Diskussionen im Konsortium haben gezeigt, dass diese Möglichkeit nun im Rahmen des Förderprojekt WKL gut aufbereitet und genutzt wurden.

2.1.2. AP2 Datenerfassung von exemplarischen Ladevorgängen und Mapping der auftretenden Problemfelder auf eine bestehende IST-Situation

Ziel des **AP2** war es, durch die Untersuchung exemplarischer Ladevorgänge ein besseres Verständnis der Problemfelder beim Laden zu erhalten. Dafür wurde zunächst eine ladestationsherstellerübergreifende **Fehlerklassifizierung** erarbeitet. Hierzu wurden die herstellerspezifischen **(OCPP-)Fehlercodes** fünf verschiedener Ladestationshersteller sowie die in OCPP 1.6 spezifizierten **allgemeinen Fehlercodes** den einzelnen Elementen des in **AP1** erarbeiteten **Big Pictures** zugeordnet, wobei der Großteil (58%) naturgemäß der Ladestation zugeordnet wurden – es handelt sich ja schließlich um Fehlermeldungen der Ladestation. Hierbei wurde festgestellt, dass die Ladestationshersteller Fehler nicht im Rahmen der OCPP-(Standard-)Fehlercodes übermitteln, sondern überwiegend **eigene Herstellerfehlercodes** verwenden, die weder einheitlich noch allgemeingültig sind. Im zweiten Schritt wurde ein **abgestimmtes Datenset** für die Exporte von Seiten der beteiligten Ladestationsbetreiber (CPO – IONITY, Stromnetz Hamburg) und Fahrstromanbieter (EMSP – Digital Charging Solutions) entwickelt. Als grundlegende Referenz wurden hierfür auf Seiten der CPO die sogenannten Charge Detail Records herangezogen, Datensätze, die abrechnungsrelevante Daten zu einzelnen Ladevorgängen enthalten. Diese wurden mit OCPP-Fehlermeldungen angereichert, die in einem zeitlichen Zusammenhang mit dem jeweiligen Ladevorgang stehen (Startzeitpunkt CDR bis 5 Minuten nach Endzeitpunkt CDR). Auf EMSP-Seite wurden darüber hinaus auch Datensätze zu Autorisierungs-Anfragen erhoben, hierbei wurden sowohl RFID-Autorisierungen als auch Remote-Autorisierungen betrachtet. Insgesamt sind Daten aus dem Zeitraum 01.01.2021 bis 30.09.2022 in das Projekt eingegangen, davon konnte jedoch aus unterschiedlichen Gründen nur ein Teil sinnvoll ausgewertet werden (s.u.).

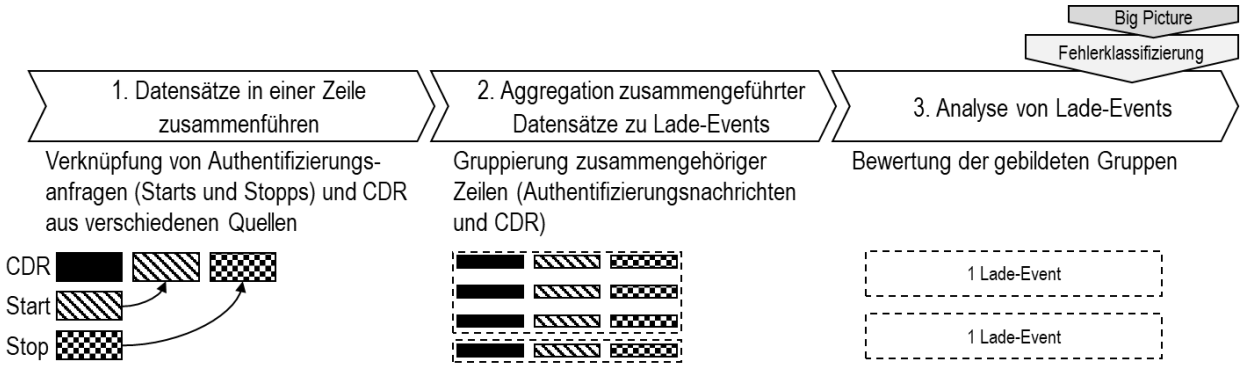


Abbildung 6: Vorgehen bei der Datenauswertung in AP2

Alle Datensätze (CDR mit Fehler-Informationen vom CPO und CDR sowie Autorisierungs-Nachrichten vom EMSP) wurden, wenn möglich, nach dem in **Abbildung 6** dargestellten Schema verarbeitet und ausgewertet. Dabei lagen die größten Herausforderungen in Schritt 1 und 2, daher wird nachfolgendend v.a. auf die dort gewonnen Erkenntnisse eingegangen. Erst in Schritt 3 kommt dann die eigentliche Bewertung des Erfolgs bzw. Nicht-Erfolgs des Lade-Events sowie ein Mapping zur Fehlerklassifikation zum Tragen.

Die Herausforderungen in Schritt 1 und 2 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Eine eindeutige Zuordnung von Autorisierungsnachrichten (Start/Stop) zu CDR war zumindest für die Betrachtung DCS-SNH nicht möglich, da die zum relevanten Zeitpunkt implementierte Fassung von OCPI keine eine eindeutige **Vorgangs-ID** für alle Prozessschritte eines Ladevorgangs vorsieht. Daher musste Schritt 1 des in Abbildung 6 dargestellten Verfahrens entfallen und die Gruppierung (Schritt 2) wurde auf Basis unterschiedlicher Nachrichtentypen durchgeführt.

- In **RFID-Autorisierungsanfragen** vom CPO an den EMP ist keine EVSE-ID des Ladepunkts enthalten, weil nicht in allen Roaming-Protokollen entsprechende Felder für die ID von Station, Standort und Stecker enthalten sind. So kann bspw. in OICP sinnvoll nur das Feld EVSE-ID genutzt werden, um in der Autorisierungsanfrage eine Referenz auf den Standort zu übermitteln – aufgrund einer Plausibilitätsabfrage seitens Hubject kann hier jedoch nur eine vollständige und existierende EVSE-ID (und damit ein spezifischer Ladepunkt) übermittelt werden. Weiterhin sieht OCPP bei der Autorisierungsanfrage keine Identifizierung des Ladepunkts vor, sondern ausschließlich die ID der

Ladestation (charge box ID). Somit konnte die EVSE-ID in der Autorisierungsanfrage nicht für die zweifelsfreie Zuordnung zum jeweiligen CDR genutzt werden.

- Von den CPO wurden jeweils nur Daten (CDR + Fehlermeldungen) von einer **Teilmenge** aller Ladestationen in Deutschland bereitgestellt, vom EMP jedoch Daten (Autorisierungsanfragen + CDR) für alle Ladestationen des jeweiligen CPOs in Deutschland. Das war eine selbst erzeugte Herausforderung in der Verarbeitung aller Daten, da so EMP-seitig nicht zwischen nicht potenziellen fehlerhaften Vorgängen und Daten, die gar nicht in der CPO-Stichprobe enthalten waren, unterschieden werden konnte.
- Arbeitet ein CPO mit einem **(Offline-)Whitelist-Verfahren**, erhält der EMP keine Daten zum Autorisierungsvorgang. Nur im Online-Autorisierungs-Verfahren erhält der EMP-Daten. Somit kam es in der Auswertung vor, dass zu vielen Datensätzen der einen Seite, keine Daten auf der anderen Seite eindeutig zuordenbar bzw. vorhanden waren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Vielzahl beteiligter **IT-Systeme** (CPO-Backend, EMP-Backend, Plattform/Hub,…) und möglicher Rahmenbedingungen bzw. Parameter (Ladesäulentyp, Autorisierungsart, sowie laufende Entwicklungsarbeiten an den beteiligten Systemen, …) allein die **Datenaufbereitung** enorm erschwert haben. Auch die eigentliche Auswertung barg diverse Herausforderungen:

- Es ist eine Vielzahl von Ladestationen im Einsatz, die sich jeweils (aufgrund herstellerspezifisch individuellen Implementierungen von OCPP oder aufgrund der spezifischen Konfiguration der Ladestation) **unterschiedlich verhalten**, d.h. der „good case“ ist nicht so eindeutig zu ermitteln. So wurde bspw. für die Kombination RFID-Autorisierung und Mennekes-Ladestation durch ein Experiment ermittelt, dass ein einwandfreier Ladevorgang drei bis vier Autorisierungsnachrichten und einen CDR umfasst. Die Anzahl der Autorisierungsnachrichten hängt dabei davon ab, ob der Ladevorgang durch erneutes Vorhalten der Karte oder fahrzeugseitig beendet wurde.
- Es war/ist nicht eindeutig ermittelbar, ob eine mit dem Ladevorgang verknüpfte **Fehlermeldung tatsächlich** zu einem **Problem** geführt hat (dies führt u.U. zu „false negatives“). Hier könnte es helfen, wenn in der Stop.Transaction-Nachricht der Ladestation das Feld „Reason“ genutzt werden würde, um zu spezifizieren, was der Grund für das Ende des Ladevorgangs war, also bspw. ein Fehler oder eine Aktion der nutzenden Person oder des Fahrzeugs.
- Schwellenwerte für Energiemenge bzw. Ladedauer, ab der ein Ladevorgang als erfolgreich bewertet wird, lassen sich **nicht reliabel** und objektiv festlegen (führt u.U. zu **„false positives“**)
- Es gab **keine klare Definition** eines erfolgreichen Ladevorgangs, da die sich die folgenden Möglichkeiten nicht eindeutig unterscheiden lassen:
    - Zeit, die für das Ausweichen auf eine andere Ladestation benötigt wird vs. normale Pause/Fahrzeit zwischen zwei erfolgreichen Ladevorgänge
    - Wechsel der Autorisierungsmethode (andere App, Wechsel App zu RFID oder andersrum) vs. zwei erfolgreiche Ladevorgänge von unterschiedlichen Personen (RFID und Remote erzeugen unterschiedliche Token für ein und dasselbe Kundenkonto).

Aus diesen Gründen mussten für die Datenauswertung mehrere Annahmen getroffen werden, die sich zudem je nach betrachteter CPO-EMSP-Kombination unterscheiden.

Datenauswertung DCS-IONITY (OICP, Hubject)

Da die aus Hubject exportierten Autorisierungsnachrichten jeweils eine eindeutige Session ID enthielten, war eine Zuordnung der Start- und ggf. der Stop-Autorisierungsnachricht zum jeweiligen CDR möglich. Weiterhin wurden an den betrachteten IONITY-Standorten nur Ladestationen von einem Hersteller eingesetzt und es ist darüber hinaus kein erneutes Authentifizieren/Autorisieren zum Stoppen des Ladevorgangs nötig. Somit war der „good case“, was die Autorisierung anbelangt, vergleichsweise eindeutig zu definieren und entsprach der Verkettung einer Start-Nachricht, ggf. einer Stop-Nachricht und einem CDR. Die zwei weiteren Dimensionen, die für die Bewertung des Ladeerfolgs herangezogen wurden, waren die geladene Energiemenge sowie mit dem CDR verknüpfte OCPP-Fehlermeldungen. Wenn eine 1:1-

Beziehung von Autorisierungsnachricht und CDR vorlag, die geladene Energiemenge größer als 0 kWh war und keine Fehlermeldung enthalten war, wurde ein **Lade-Event als „makellos“** kategorisiert (dunkelgrün in **Abbildung 7**). Gab es keine Fehlermeldung, aber mehr als eine Start-Nachricht und/oder CDR, wurde das Label „Erfolgreicher LV mit Autorisierungs-Auffälligkeiten“ vergeben (hellgrün), bzw. das Label „LV mit Auffälligkeiten“ (ebenfalls hellgrün), wenn zudem eine OCPP-Fehlermeldung aufgetreten war (allerdings ohne exakte zeitliche Übereinstimmung mit dem CDR-Endzeitstempel). Lade-Events ohne CDR wurden als Lade-Events mit „Probleme beim Starten“ (gelb) interpretiert. Lade-Events, bei denen die Summe der geladenen Energiemenge aller zugeordneten CDR 0 kWh betrug, wurden als fehlerhaft kategorisiert, genauso wie Lade-Events, bei denen Zeitstempel des CDR-Endes mit dem Zeitstempel einer OCPP-Fehlermeldung exakt übereinstimmt (beide dunkelrot).

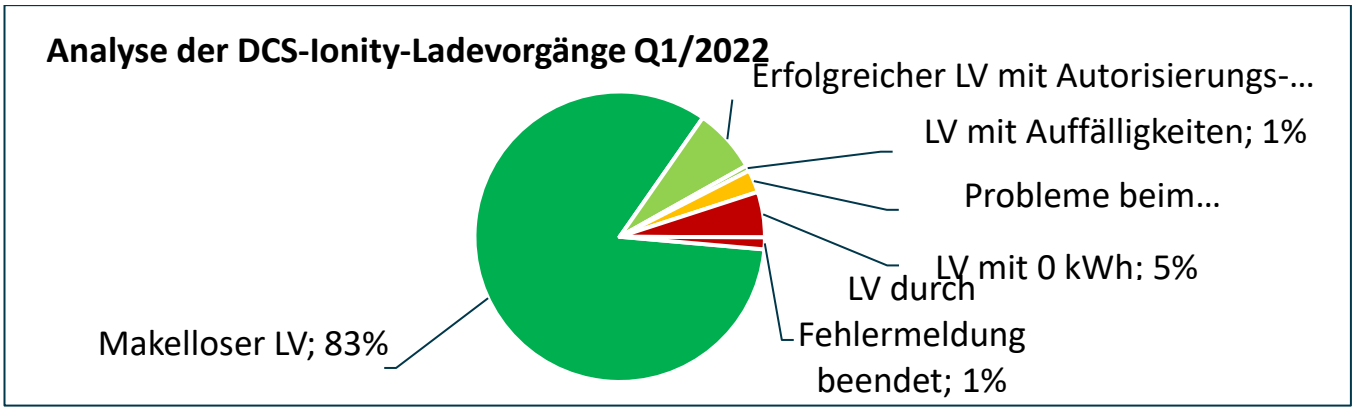


Abbildung 7: Ergebnis der Auswertung von 40,939 DCS-IONITY Ladevorgängen Q1/2022 (n=78 Standorte)

Betrachtet man nun alle Vorgänge, die über **mind. 1 OCPP-Fehlermeldung** verfügen und ordnet diese fehlerhaften Vorgänge den Elementen des Big Pictures zu (entsprechend der in **AP2.1** erarbeiteten Fehlerklassifikation), so zeigt sich, dass die meisten Fehler an der Ladestation bzw. an der Schnittstelle zwischen Ladestation und Fahrzeug verortet werden (vgl. **Abbildung 8**). Dies ist insofern wenig verwunderlich, da es sich ja um Fehlermeldungen der Ladestation handelt.

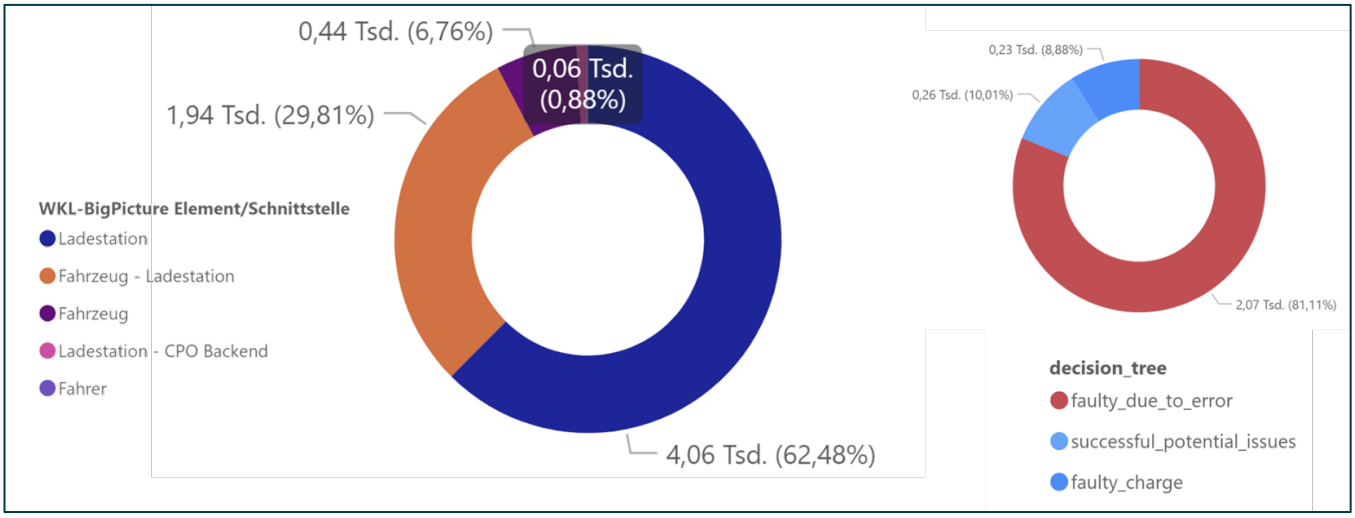


Abbildung 8: Mapping der Vorgänge mit OCPP-Fehlermeldung auf Big Picture-Elemente

Datenauswertung DCS-Stromnetz Hamburg (OCPI, P2P)

Aufgrund der oben bereits dargelegten Einschränkungen konnte für die Ladeinfrastruktur von Stromnetz Hamburg nur eine kleine Stichprobe sinnvoll bewertet werden. Für den Betrachtungszeitraum September 2022 und eine Stichprobe von n=569 Ladestationen desselben Herstellers, zeigt sich, dass immerhin 77% der betrachteten gut 7,000 Ladevorgänge dem Muster eines **„makellosen“ Ladevorgangs** entsprechen.

2.1.3. AP3 Untersuchung der „User Experience Laden“

Abbildung 9 fasst alle im Projekt angewandten Forschungsmethoden zur Ermittlung von Schwachstellen in der Wirkkette Laden zusammen. Ganz links ist mit der statistischen Datenanalyse (**AP2**) der einzige Ansatz dargestellt, der komplett ohne direkten „Front-End-Input“ der Nutzerseite auskommt. In AP3 hingegen lag der Schwerpunkt auf der **„User Experience Laden“**, sodass hier zudem immer Front-End-Beobachtungen in die Analyse mit einbezogen wurden. Die Schnittstelle zwischen semantischer Analyse und der statistischen Datenanalyse ist so zu verstehen, dass in beiden Herangehensweisen ein quantitativer Auswertungsansatz verfolgt wurde. Im Reallaborversuch und der Tagebuchstudie wurde v.a. qualitativ geforscht.

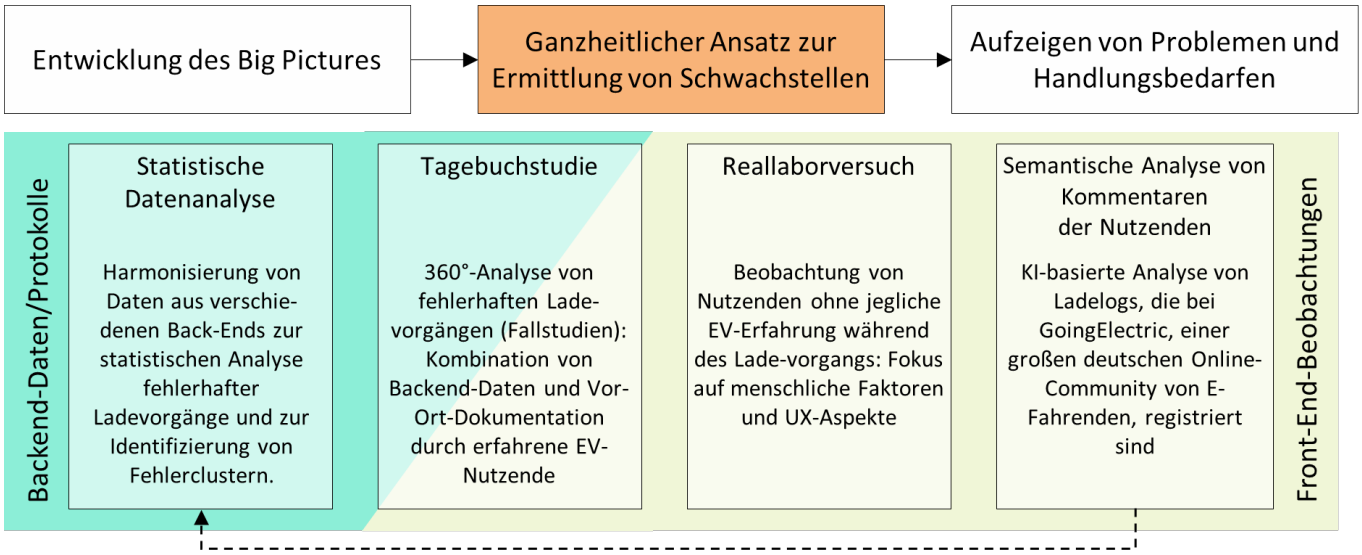


Abbildung 9: Im Projekt angewandte Forschungsmethoden

Tagebuchstudie

Während die in **AP2** durchgeführte statistische Datenanalyse das tatsächliche Geschehen vor den Ladestationen unbeobachtet ließ, zielte die Tagebuchstudie darauf ab, diese Perspektive zu ergänzen, indem die Nutzenden von Elektrofahrzeugen in den **Datenerhebungsprozess** einbezogen werden. Zu diesem Zweck wurden erfahrene Elektroautofahrende mit eigenen Elektrofahrzeugen rekrutiert, um Ladevorgänge an öffentlichen Ladestationen zu dokumentieren, die sie während ihrer täglichen Fahrten durchführen. Es handelt sich somit um eine **Selbstbeobachtung** in Form einer Ereignisstichprobe, die systematisch dokumentiert wird. Jede*r Teilnehmende erhielt einen individuellen Link zu einer **Online-Befragung**, mit der die Ladevorgänge dokumentiert wurden – durch die Individualisierung des Links war es möglich, die Stammdaten des*r Teilnehmenden (insbesondere zum verwendeten Fahrzeug) bereits im Fragebogen zu hinterlegen. Es war aber auch möglich, für jeden Tagebucheintrag ein alternatives Fahrzeug anzugeben. Die Teilnehmenden wurden gebeten, sowohl erfolgreiche als auch fehlerhafte Ladevorgänge zu dokumentieren, wobei im Falle einer nicht erfolgreichen Authentifizierung/Autorisierung bzw. eines nicht erfolgreichen Ladevorgangs mehr Fragen gestellt wurden (vgl. **Tabelle 1**). Ein zusätzlicher Datenerhebungskanal mit einem vereinfachten **Fragebogen** wurde über GoingElectric, eine große Online-Community und ein Ladestationsverzeichnis für E-Fahrende in Deutschland, implementiert. Bei jedem Verzeichniseintrag, der sich auf die Ladeinfrastruktur der Projektpartner bezog, wurde ein Link zur Umfrage eingefügt. Weiterhin wurden von BMW aus einem internen Projekt mit BMW-iX-Fahrzeugen für E-Mobilitätserlebnisse auch Feedback zu Ladeerlebnissen gesammelt.

Tabelle 1: Hauptfragen zur Bewertung des Erfolgs der dokumentierten Ladevorgänge (Fragenummern zur späteren Bezugnahme)

F1 Beim ersten Versuch, welche der folgenden Authentifizierungsmethoden haben Sie für den Ladevorgang verwendet? [*Aufforderung zur Angabe des verwendeten Anbieters in einem Freitextfeld]	• RFID-Karte / -Dongle* • EMP-App / Fahrtstrom-App* • SMS • Web-App des Ladestationsbetreiber (i.d.R. QR-Code auf Ladesäule) / Intercharge Direct • Zahlungsterminal mit Karteneinschub und PIN-Eingabe (EC-/Kreditkarte) • Zahlungsterminal kontaktlos ohne PIN- (EC-/Kreditkarte, Apple/Google Pay) • Plug & Charge* • Sonstiges*	
F2 War die Authentifizierungsmethoden haben Sie für den Ladevorgang verwendet?	Ja, der Vorgang war erfolgreich.	Nein, folgendes Problem ist aufgetreten: [Freitextfeld]
F3 Welche Authentifizierungsmethode haben Sie nach Scheitern des ersten Versuchs verwendet?	*Siehe oben.*	
F5 War die zweite Authentifizierungsmethode erfolgreich?	Ja, der Vorgang war erfolgreich.	Nein, folgendes Problem ist aufgetreten: [Freitextfeld]
F6 Wie bewerten Sie den Erfolg des durchgeführten Ladevorgangs?	Ladevorgang hat ohne Mängel funktioniert.	Ladevorgang hat nur mangelhaft funktioniert.
F7 Welche der unten aufgeführten Mängel trifft auf Ihre Situation zu? Bitte erläutern Sie die Vorkommnisse innerhalb des Freitextfelds so genau wie möglich.-	• Der Ladevorgang ist abgebrochen. • Es gab Herausforderungen/Probleme beim Start des Ladevorgangs. • Es gab Herausforderungen/Probleme beim Beenden des Ladevorgangs. • Maximale Ladeleistung niedriger als erwartet. • Ladeleistung ist während des Ladevorgangs stärker abgefallen als erwartet. • Sonstige Mängel	

Die Teilnehmenden wurden gebeten, Uhrzeit und Datum ihres Ladevorgangs sowie zusätzliche Informationen anzugeben, die eine spätere Identifizierung des Vorgangs erleichtern. Zu diesem Zweck hatten sie die Möglichkeit, Bilder der EVSE-ID, Screenshots von ihrem Smartphone, die eine Lade-App zeigen, und das Typenschild der jeweiligen Ladestation hochzuladen. Alternativ dazu konnten sie die EVSE-ID auch manuell eingeben. Andere Fragen bezogen sich auf kontextbezogene Informationen über den Ladevorgang, wie z. B. die Wetterbedingungen oder ob andere Fahrzeuge zur gleichen Zeit geladen wurden. Schließlich wurden einige zusätzliche Fragen zur allgemeinen Zufriedenheit mit dem Ladevorgang und dem Zustand der Ladestation gestellt.

In regelmäßigen Abständen wurden die aufgezeichneten Tagebucheinträge aus dem LimeSurvey-System exportiert, das als Host für den Fragebogen verwendet wurde. Nach Prüfung und Bereinigung der Daten durch das Fraunhofer IAO wurden diese den am Projekt beteiligten EVSE-Herstellern, CPO und EMSP zur Verfügung gestellt, damit diese die relevanten Prozesse in ihren Systemen lokalisieren und somit eine **gemeinsame Fehleranalyse** innerhalb des Projektkonsortiums durchführen können. Neben Ladestationsprotokollen (OCPP-Protokolle), Authentifizierungsmeldungsprotokollen und Ladedetailprotokollen wurden auch Support-Tickets berücksichtigt (vgl. **Abbildung 10**). Als Anreiz für die gezielte Nutzung der Produkte der Projektpartner, d.h. einer spezifischen Lade-App und einer spezifischen Ladeinfrastruktur, wurde den Teilnehmenden für einen begrenzten Zeitraum kostenloses Laden angeboten, wenn diese Produkte genutzt wurden.

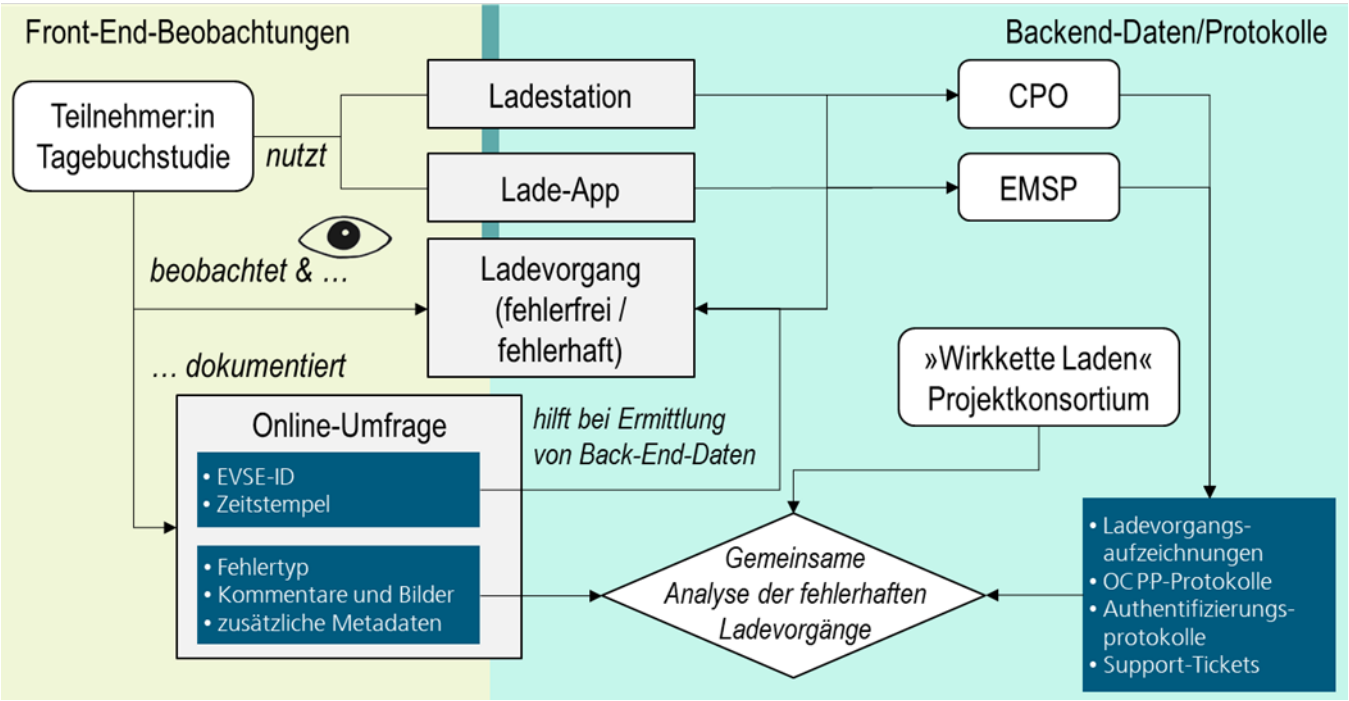


Abbildung 10: Methodischer Ansatz der Tagebuchstudie (n=42 Ladevorgänge wurden nach diesem Schema analysiert)

Schließlich wurden **61 Personen** eingeladen, sich an der Tagebuchstudie zu beteiligen. Insgesamt wurden **312 Ladevorgänge** (63 über GoingElectric und 249 von registrierten Teilnehmenden) zwischen 1. Januar und 30. Juni 2022 vollständig dokumentiert. Davon wurden 88 Ladevorgänge als fehlerhaftet bewertet, 203 waren fehlerfrei, genauso wie 21 weitere, in deren Kontext aber anderweitig Kritik geäußert wurde. Bei 46 der 88 fehlerhaften Ladevorgänge war die Fehlerursache nicht nachvollziehbar. Die Fehlerursachen der verbleibenden 42 Ladevorgängen fanden in qualitativer und quantitativer Form Eingang in **AP 5**. An den 88 fehlerbehafteten Ladevorgängen waren die Projektpartner bei 41 beteiligt (siehe unterstrichener Wert in **Tabelle 2**).

Tabelle 2: Erfolg der dokumentierten Ladevorgänge unter Berücksichtigung der Projektpartner

	Projektpartner beteiligt	Projektpartner nicht beteiligt	**Gesamt**
Makellose Ladevorgang	145	58	**203**
Erfolgreicher Ladevorgang, aber kritischer Kommentar der nutzenden Person	14	7	**21**
Fehlerbehafteter Ladevorgang	41	47	**88**
Gesamt	**200**	**112**	**312**

Erkenntnisse aus der gemeinschaftlichen, qualitativen Analyse der fehlerhaften Ladevorgänge im Projektkonsortium sind nachfolgend kurz zusammengefasst.

QR-Codes nicht standardisiert

In mehreren Fällen waren die Elektrofahrzeugnutzenden nicht in der Lage, den an der Ladestation angebrachten **QR-Code** zu scannen. Der Grund dafür wurde innerhalb des Konsortiums gefunden. Der E-Mobilitätsdienstleistende sucht in der URL nach der Zeichenfolge "evseid=" gefolgt von der EVSE-ID der jeweiligen Ladestation in dem vom BDEW vorgegebenen Format:

<EVSEID> = <Ländercode> <S> <EVSE-Betreiber-ID> <S> <ID-Typ> <Steckdosen-ID>

Einer der Ladestellenbetreiber im Projekt verwendet jedoch ein anderes Format für seine Ladestationen. Die EMSP-App war daher nicht in der Lage, den QR-Code zu lesen. Enthielte die im QR-Code gespeicherte URL immer eine standardisierte Zeichenkette, z. B. weil dies durch **nationale oder internationale Ladeinfrastruktur-Vorschriften** vorgeschrieben ist, könnte dieses Problem verbessert werden.

POI-Daten ungenau

In den Ergebnissen der Tagebuchstudie taucht ein wahrhaftiger Klassiker in der Forschung zum Laden von Elektrofahrzeugen und eine wahrscheinlich regelmäßige Erfahrung von E-Auto-Fahrenden auf: **ungenaue POI-Daten**, d. h. Metadaten von Ladestationen. In mindestens einem dokumentierten Vorgang der Tagebuchstudie war dies der Fall. Die verwendete EMSP-App zeigte eine bestimmte Ladestation als rund um die Uhr geöffnet an. In Wirklichkeit war der Parkplatz, auf dem sich die Ladestation befand, jedoch nachts geschlossen, so dass der Fahrer des Elektroautos, der den Ladevorgang dokumentierte, sein Auto außerhalb des Parkplatzes parkte, und somit den Gehweg und Teile der Fahrbahn daneben blockierte (vgl. **Abbildung 11**). Die Analyse dieses Problems im Konsortium ergab, dass die (eingeschränkten) Öffnungszeiten zwar ordnungsgemäß im Backend eingepflegt wurden, aber das Attribut „24/7“ nicht korrekt gesetzt war.

Abbildung 11: Ergebnis nicht ordnungsgemäß gepflegter POI-Daten

Vertauschte Ladekabel an der Ladestation bleiben unbemerkt

In einem Fall war es dann sogar die Mensch-Maschine-Schnittstelle, die dem*r EV-Nutzenden Probleme bereitete. Die verwendete Ladestation hatte zwei CCS-Stecker direkt nebeneinander. Als die an der Tagebuchstudie teilnehmende Person die Station nutzen wollte, wählte sie einen der beiden verfügbaren Stecker aus und startete den Ladevorgang mit der App, was problemlos funktionierte. Die Buchse des ausgewählten Steckers leuchtete auf, um anzuzeigen, dass dieses Kabel verwendet werden sollte. Jedoch startete der Ladevorgang nicht. Der Grund dafür war, dass die beiden **Stecker vertauscht** wurden, d. h. Stecker 1 wurde in die Buchse 2 und Stecker 2 in die Buchse 1 gesteckt - die farbige Markierung half also nicht, da nur die Buchse beleuchtet wurde und nicht der Stecker selbst. Der/die EV-Fahrende bemerkte dies schließlich selbst, aber die Ladepause hatte sich dadurch von 30 auf 40 Minuten verlängert.

Reallaborversuch

Innerhalb dieses Arbeitspakets, wurden zwei Reallaborversuche, in München und Hamburg, teilweise noch unter Anwendung eines aufwendigen Corona-Schutzkonzepts, durchgeführt. Im Reallaborversuch wurden mögliche Herausforderungen in der Mensch-Maschine-Interaktion untersucht, die zu fehlerhaften Ladevorgängen führen können. Dafür wurden insgesamt 25 Personen mit keinerlei Vorerfahrung im Laden von Elektrofahrzeugen dabei beobachtet, wie sie mehrere Ladevorgänge an unterschiedlichen Ladestationen (DC-HPC, AC) mit unterschiedlichen Authentifizierungsmethoden (App, Direct-Payment, RFID-Karte, SMS) durchführen. Die Abgrenzung gegenüber der Tagebuchstudie erfolgt über den Erfahrungsgrad der beteiligten Personen: An der Tagebuchstudie nahmen Personen teil, die **Erfahrungen** im Laden von Elektrofahrzeugen vorweisen konnten, dies wäre in den Reallaborversuchen ein **Ausschlusskriterium** gewesen.

Bei einem Reallaborversuch handelt es sich um eine wissenschaftliche Unternehmung, die in der Lebenswelt der Teilnehmenden verortet ist und nicht kontinuierlich über einen längeren Zeitraum durchgeführt wird. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sich die Partizipierenden in einer freien Testsituation befinden, in der sie lediglich Basisinformationen erhalten und ihr Handeln nicht mehr als notwendig angeleitet wird. Auftretende Schwierigkeiten können unmittelbar identifiziert und verbalisiert werden. Im Fokus der Reallaborversuche stehen drei wesentliche Untersuchungsgegenstände der Wirkkette Laden: **Ladesäule, Fahrzeug und App**. Die Teilnehmenden wurden während des Ladevorgangs beobachtet und ihre Rückmeldungen und Reaktionen wurden laufend reflektiert und über eine begleitende leitfadengestützte Befragung erhoben. Bei einem Teil der Probanden wurde der Reallaborversuch mit Hilfe einer **Eye-Tracking-Brille** dokumentiert, die ihren Blick genau verfolgt, um beispielsweise Unzulänglichkeiten bei den auf den Bildschirmen der Ladestationen angezeigten Informationen zu erkennen. Fest installierte Kameras wurden bei allen Partizipierenden eingesetzt, um Mimik und Gestik sowie das allgemeine Verhalten aufzuzeichnen. Um die Dokumentation solcher Schlüsselfaktoren zu erleichtern, wurden im Vorfeld relevante Beobachtungspunkte festgelegt (z. B. Einfahrt auf den Parkplatz, Steckeraufsatz). Die begleitende Befragung basierte auf Leitfragen, die sich auf Folgendes konzentrierte:

- fehlende oder missverständliche Informationen;
- allgemeine Herausforderungen beim Betrieb von Ladestationen;
- die Diskussion der (fehlenden) Anforderungen aus der Nicht-Nutzendenperspektive.

Die Auswertung der Daten erfolgte nach dem Verfahren einer **qualitativen Inhaltsanalyse**. Zunächst wurden die aus der Befragung und Beobachtung gewonnenen Informationen gebündelt und reflektiert. In einem zweiten Schritt folgte die Generalisierung in universelle Herausforderungen (vieler Teilnehmenden) sowie individuelle Nennungen (einzelner Teilnehmenden).

Die demographische Zusammensetzung der Stichprobe ist in **Abbildung 12** und **Abbildung 13**, dargestellt. An den Reallaborversuchen haben mehrheitlich Männer teilgenommen und es waren alle Altersgruppen repräsentiert, wobei die größte Gruppe, die 26- bis 35-Jährigen bildeten.

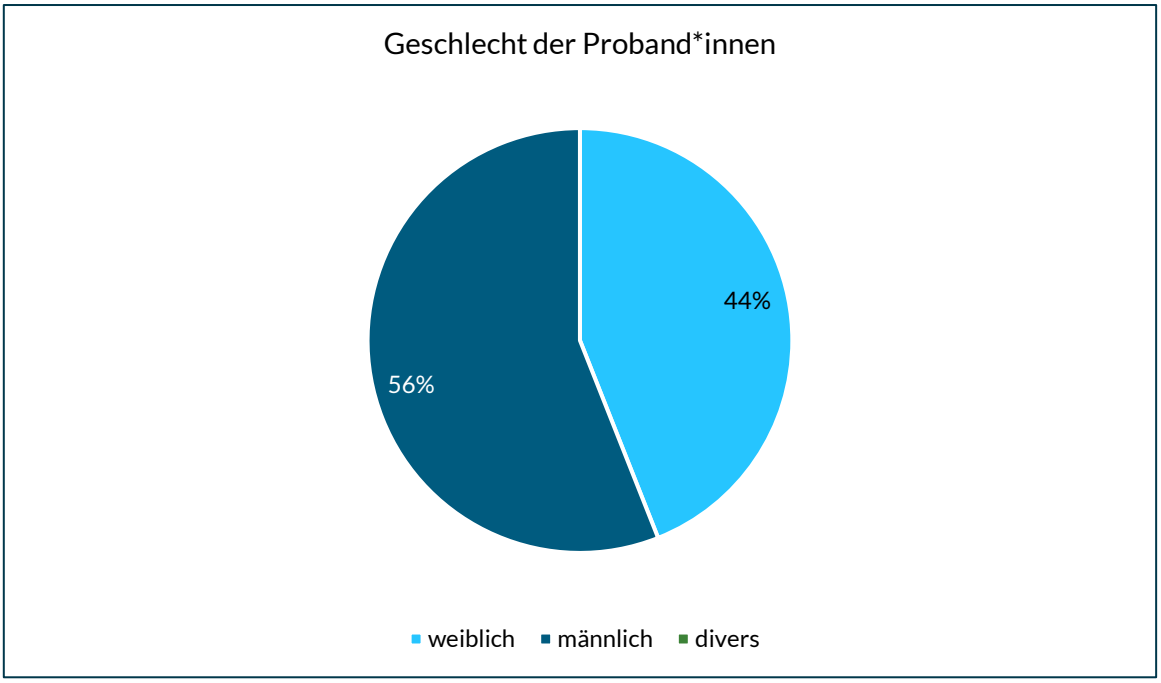


Abbildung 12: Biologisches Geschlecht der Teilnehmenden der zwei Reallaborversuche (n=25)

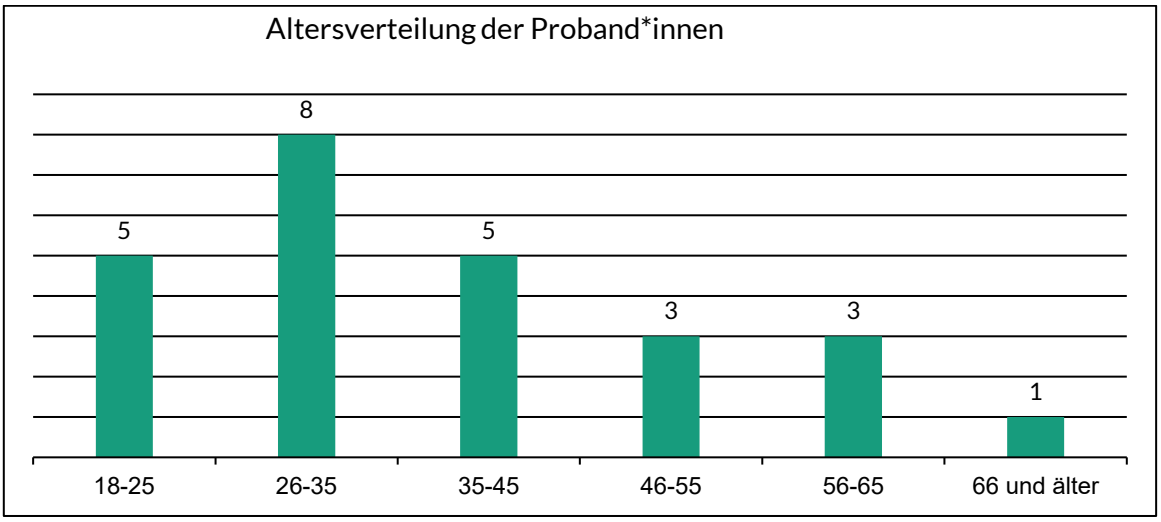


Abbildung 13: Alter der Teilnehmenden der zwei Reallaborversuche in Jahren (n=25)

Die Durchführung der Reallaborversuche zeigte, dass es nur wenige Hürden gibt, die einen Ladevorgang zum Scheitern bringen, was aber nicht bedeutet, dass es aus Sicht der Probanden nichts an der Ladeerfahrung zu verbessern gibt. Generell kann festgestellt werden, dass die Mehrheit der Probanden das Laden zunächst mit dem **Betanken** eines konventionell betriebenen Fahrzeugs vergleichen und diesen Vorgang als **Referenz** verwenden. Diese mentale Referenz wird nach und nach durch die **Ladeerfahrungen** abgelöst. Spätestens beim dritten oder vierten Ladevorgang hat sich eine gewisse Routine einstellt. Dennoch zeigten die Reallaborversuche einige Mängel auf, die das Nutzendenerlebnis mehr oder weniger stark beeinträchtigen oder sogar zu einem Fehlschlag beim Laden eines Elektrofahrzeugs führen können.

Gründe für nicht erfolgreiches Laden

Bei der Authentifizierung mit Smartphone- oder Web-App kam es vor, dass eine Zeitüberschreitung auf der Fahrzeugseite auftrat, weil der Stecker erst in das Fahrzeug gesteckt wurde und die Authentifizierung

(z. B. bedingt durch die Eingabe der Kreditkartendaten) länger dauerte als erwartet.

Zudem zeigte sich für einige Probanden eine unzureichende Rückmeldung von Seiten der Ladestation: Insbesondere beim direkten Bezahlen über eine Web-App, waren sie „verloren“, weil weder die Ladestation noch die (Web-)App ihnen mitteilten, was gerade passiert und was der nächste Schritt ist.

Fragen der Benutzerfreundlichkeit

Die Partizipierenden fanden es sehr hilfreich, wenn klare Schritt-für-Schritt-Anweisungen oder klare Anweisungen zu den aufeinanderfolgenden Schritten gegeben wurden, z. B. Schritt **1-2-3-Erklärungen** an der Ladestation.

Auch wenn es nicht zu einem erfolglosen Ladevorgang führt, hat sich gezeigt, dass unklare Rückmeldungen zu Unzufriedenheit bei den Teilnehmenden führen. Jeder erfolgreiche Schritt, z. B. Einstecken des Fahrzeugs, Authentifizierung, Starten des Ladevorgangs, Beenden des Ladevorgangs oder Zurückhängen des Ladekabels an die Ladestation, sollte von der Ladestation bestätigt werden, idealerweise durch eine Kombination aus akustischer und visueller Rückmeldung. Darüber hinaus sollten der Status und der Fortschritt des Ladevorgangs jederzeit sichtbar sein (siehe die folgenden Punkte).

Ein „Sound“ beim Laden impliziert für die Partizipierenden, dass der Ladevorgang erfolgreich läuft. Zudem wird ein Audio-Signal beim Starten bzw. Beenden des Ladeprozesses als hilfreich erachtet. Tastentöne werden auch als positiv bewertet.

Durch die Prägung durch das Tanken konventionell betriebener Fahrzeuge erwarten die Testpersonen auch an der Ladestation eine **unmittelbare Preisinformation**. Damit ist sowohl ein Mengenpreis in €/kWh zu Beginn des Ladevorgangs als auch die Gesamtkosten nach Beendigung des Ladevorgangs gemeint. Eine Person stellte sogar die Frage, ob es möglich sei, einen Endpreis (z. B. 20 €) für das Laden festzulegen - was für erfahrene E-Fahrzeugnutzende überraschend klingen mag.

Fast alle Befragten möchten darüber informiert werden, wie lange es dauern würde, bis ihr Fahrzeug vollständig aufgeladen ist, oder wie lange es dauern würde, bis sie den gewünschten SoC (Ladezustand) für ihre geplante Fahrt erreichen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass einige Ladestationen die verbleibende Ladezeit bis zu 80 % SoC anzeigen. Die Mehrheit der in den Reallaborversuchen getesteten Ladesäulen zeigten nur den aktuellen SoC in % und die verstrichene Ladezeit an.

Darüber hinaus ist es für die wartende Person relevant, angezeigt zu bekommen, wie weit mit dem aktuellen oder anvisierten Ladezustand gefahren werden kann.

Zusätzliche technische Informationen, die auf dem Display der Ladestation dargestellt werden (wie bspw. Strom und Spannung), bieten für die meisten Partizipierenden keinen nennenswerten Mehrwert. Außerdem sorgen technische Abkürzungen wie "A" für Ampere oder "V" für Volt für **Verwirrung**.

Einigen Teilnehmenden fiel die **Diskrepanz** zwischen dem in der Smartphone- oder Web-App angezeigten SoC und der SoC-Anzeige auf dem Display der Ladestation auf und waren dadurch irritiert.

Das Auffinden des **QR-Code**-Scanners im Smartphone und des QR-Codes an der Ladestation sowie das Scannen des QR-Codes mit dem Smartphone, schien im Allgemeinen deutlich schwieriger zu sein als die Verwendung einer RFID-Karte zur Authentifizierung. Außerdem schien es sogar natürlicher zu sein, das Smartphone über das Kartenlesegerät zu ziehen, wie es von NFC-fähigen Kreditkarten oder mobilen Zahlungssystemen bekannt ist (z. B. Apple Pay).

Die Auswertung der Erkenntnisse im Hinblick auf potenzielle Fehlerquellen sowie die Verbesserung des Ladeerlebnisses sind bei den beteiligten Projektpartnern schon während der aktiven Projektarbeit in das Tagesgeschäft (Operation/Technik) eingeflossen. Die im Reallaborversuch identifizierten technischen Probleme wurden durch die beteiligten Projektpartner analysiert und ausgewertet. Hierfür werden die **Videoaufnahmen** des Reallaborversuchs sowie Backend-Daten genutzt und die Erkenntnisse bereitgestellt.

Semantische Analyse

Mit Hilfe der semantischen Analyse von Nutzerkommentaren auf der Plattform GoingElectric konnte ein weiterer Baustein berücksichtigt werden. Im Gegensatz zur Tagebuchstudie und dem Reallaborversuch, konnte hier auf eine direkte Interaktion mit Nutzenden verzichtet werden. Durch die **systematische**

Analyse der **Nutzerkommentare** konnten weitere Fehlerursachen sowie die relativen Häufigkeiten des Auftretens ebendieser ermittelt werden.

Um die Informationen der Nutzenden auswerten zu können, wurde ein eigener **Datenverarbeitungsprozess** entwickelt: Nach dem Import der Informationen von der Plattform, wurden alle Kommentare mit einem trainierten **Klassifikator** in positive und negative Kommentare unterteilt. Das auf definierten **Fehlerkategorien** basierende **Sprachmodell** wurde im Anschluss daran auf die negativen Kommentare angewendet und war durch den hohen **F-Score** in der Lage, die Kommentare den definierten Fehlerkategorien zuverlässig zuzuweisen. Ziel des Prozesses war es, in den nicht zugewiesenen Kommentaren Hinweise auf neue, bislang unbekannte, wahrgenommene Fehlerursachen zu finden und so das Gesamtbild zu vervollständigen.

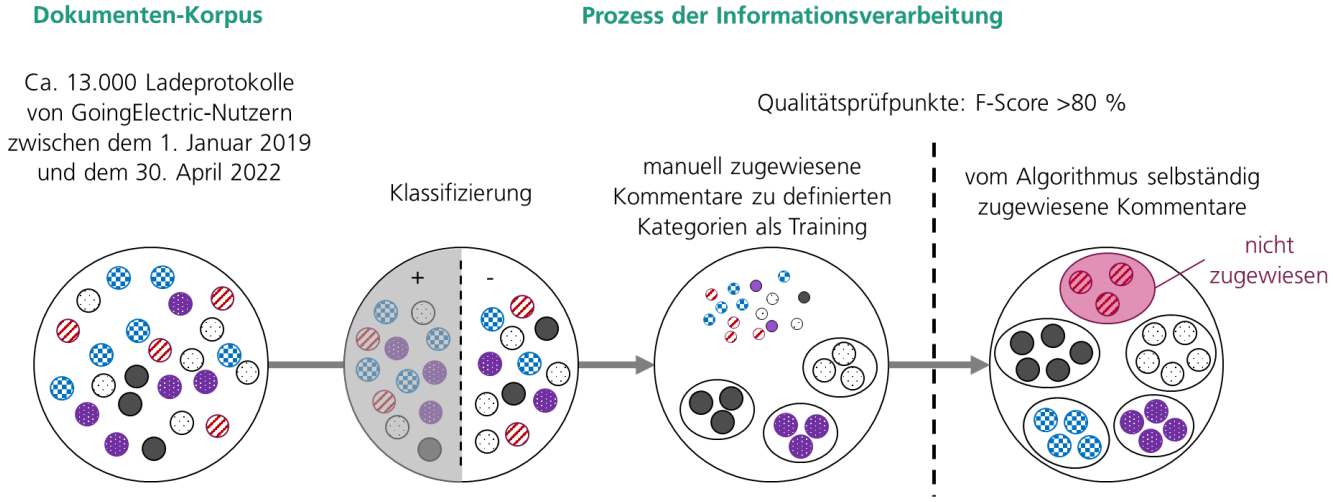


Abbildung 14 Fehlerklassifizierung

Es hat sich herausgestellt, dass eine **reduzierte Ladeleistung** die häufigste Fehlerwahrnehmung auf Seiten der Nutzenden ist. Gefolgt wird diese Fehlerwahrnehmung von **abgebrochenen Ladevorgängen**, von anderen ladenden Fahrzeugen **blockierte Ladesäulen** und der **Authentifizierung über RFID**. Es gilt hier zu betonen, dass die Ursachen für die wahrgenommenen Fehlerkategorien unterschiedlichster Art und sowohl auf Seiten der technischen Infrastruktur als auch auf Seiten der Nutzenden liegen können.

Abbildung 15 zeigt die Verortung der definierten und auftretenden Fehlerklassen sowie die Häufigkeit des Auftretens auf dem Big Picture des Ökosystems Laden. Hierbei ist es wichtig, die Subjektivität bei der Bewertung durch den Nutzenden zu betonen. Die Abbildung zeigt die Fehlerursachen aus Sicht des Nutzenden. Das hat nicht automatisch zu bedeuten, dass die tatsächliche Fehlerursache an dieser Stelle im Big Picture liegt.

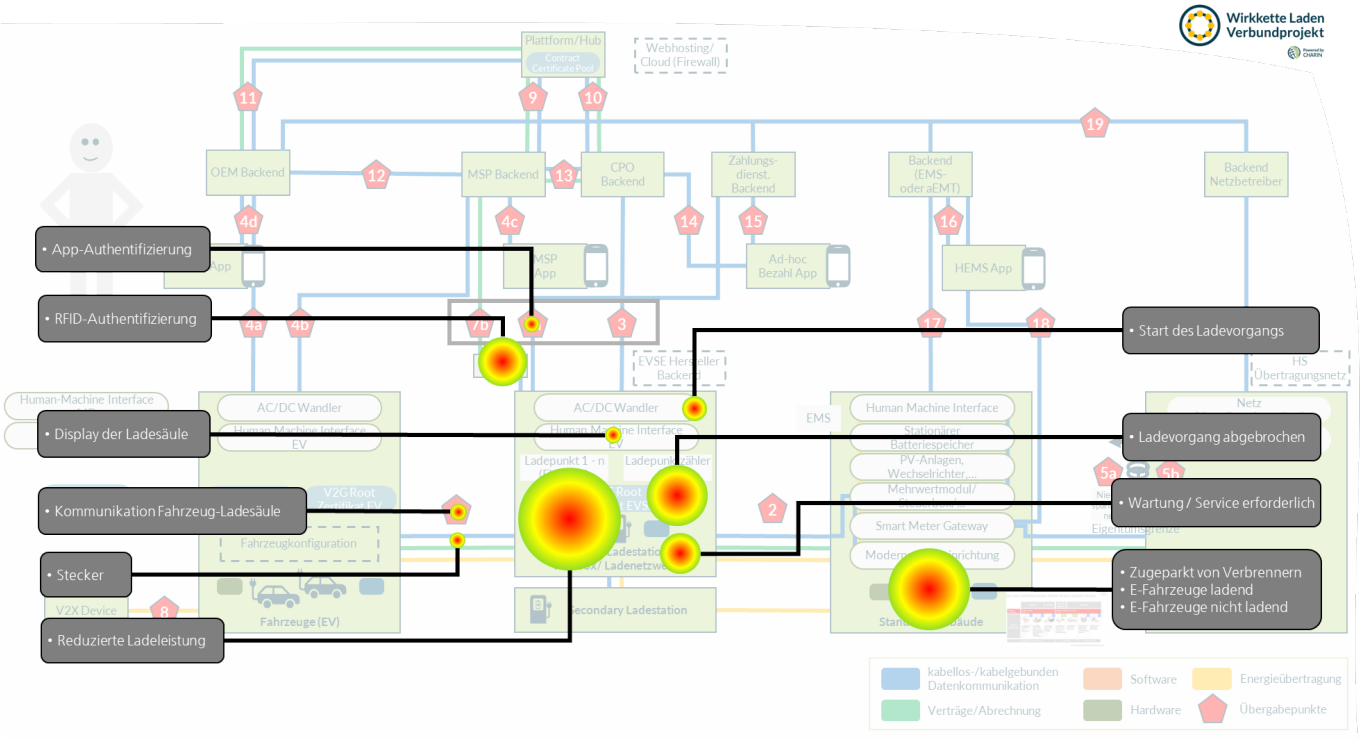


Abbildung 15 Fehlerverortung im Big Picture

Eine kritische Prüfung durch das Projektkonsortium hat ergeben, dass einige der tatsächlichen Ursachen für die wahrgenommenen Fehler auch auf Seiten des Kunden, des Fahrzeugs oder am Stecker ihren Ursprung haben könnten (vgl. **Abbildung 16**).

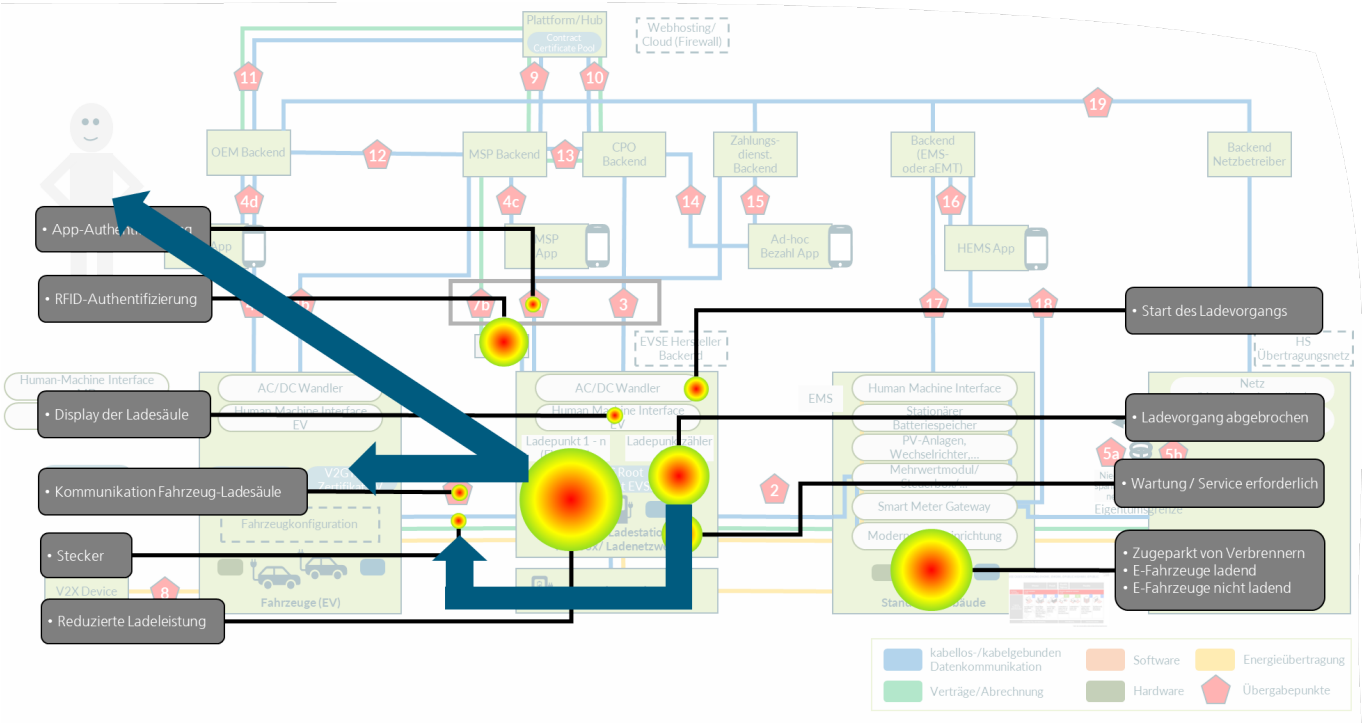


Abbildung 16 Fehlerverortung im Big Picture nach vermuteter tatsächlicher Ursache

Eine weitere spannende Aussage ergibt sich, wenn die Fehlerursache in einer **prozessualen Sichtweise** in der Customer Journey abgebildet wird. Aus dieser Sichtweise wird ersichtlich, dass viele der wahrgenommenen Fehlerursachen vor bzw. beim Laden entstehen. Wenn der Ladevorgang an sich hingegen

positiv verläuft, ist die Wahrscheinlichkeit, dass beim Beenden des Ladevorgangs oder der Abrechnung noch ein Fehler auftritt, sehr gering (vgl. **Abbildung 17**).

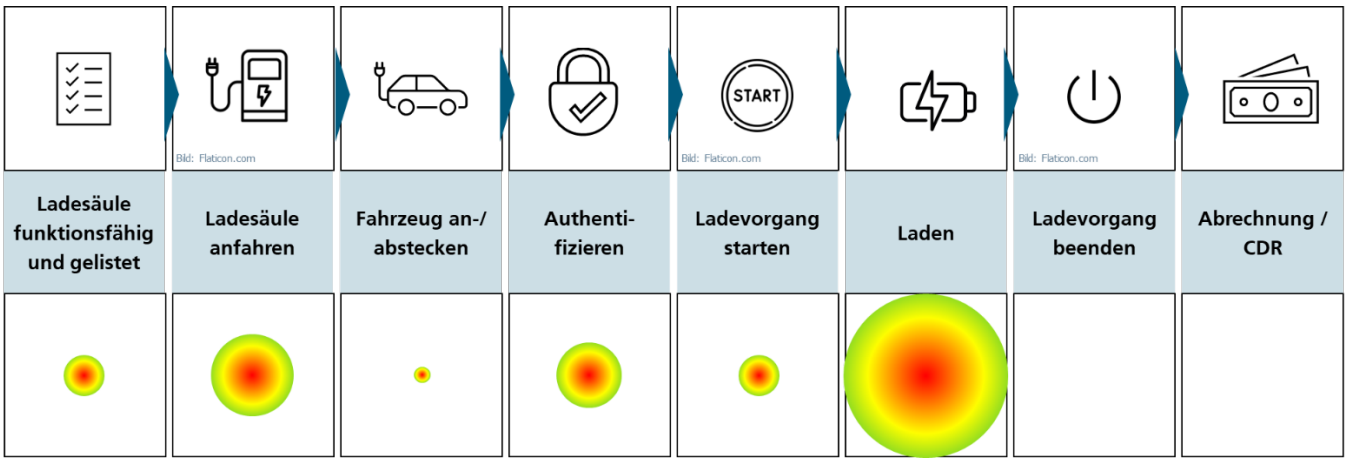


Abbildung 17 Ladevorgangsprozess

Im **AP 3.2** hat eine weitere Optimierung des Sprachmodells für die Sortierung der Nutzerkommentare stattgefunden. Zu diesem Zweck wurde ein zusätzlicher **„Filter“** eingefügt: Mit Hilfe des Filters kann in der Grundgesamtheit der Nutzerkommentare negatives von positivem Nutzerfeedback auseinandergehalten und sortiert werden. Durch diesen Zwischenschritt konnte der **F-Score** zur Qualitätsbemessung auf die erforderliche im Förderprojekt avisierte Größenordnung von >80% gesteigert werden. Angewandt zeigen die Ergebnisse der semantischen Analyse die folgenden Fehlerwahrnehmungen als die häufigsten (bezogen auf die Gesamtheit aller Fehlerwahrnehmungen) an: Reduzierte Ladeleistung (25%), Ladeabbruch (15%), Ladesäule von ladendem E-Fahrzeug blockiert (13%), Probleme mit der RFID-Authentifizierung (12%) und Wartung/Service erforderlich (10%). Alle anderen Fehlerklassen kamen in weniger als 10% aller Fehlerwahrnehmungen vor. Betrachtet wurde hierbei ein Zeitraum von 01.01.2019 bis 30.04.2022. SixSigma Experten haben diese Verteilungen mit den Verteilungsanalysen von BMW synchronisiert und mit Blick auf die Wirkkette Laden eine Plausibilisierung durchgeführt.

2.1.4. AP4 Entwicklung einer Methodik zur Beschreibung des Reifegrads der Schnittstellen

- Im **AP 4.1** besteht die Herausforderung sich mit den Definitionen der relevanten Schnittstellen und Ladeprodukten auf Basis des gemeinsam festgelegten **BigPictures ÖSL** auseinanderzusetzen.
- Im Ergebnis soll ein Meinungsbild entstehen, an welchen konkreten Schnittstellen Normierungsbedarf besteht. Aus Sicht des Konsortiums ist eine Zusammenarbeit und Harmonisierung mit den diversen Normierungsorganisationen auf Basis eines gemeinsamen Architekturbildes des **ÖSL** ein großer Meilenstein auf dem Weg in die E-Mobilität, batterieelektrisch wie brennstoffzellenelektrisch. In beiden Fällen ist eine gemeinsame Absprungbasis nicht nur mit den Marktteilnehmern der unterschiedlichen Sektoren, sondern auch mit den unterschiedlichen **Normierungsorganisationen** gegeben. Im Konsortium wurden Beispiele zum Reifegradmanagement diskutiert und damit die Notwendigkeit einer Reifebeschreibung der Schnittstellen im ÖSL dargestellt. Ohne eine gemeinsame Sicht auf die Reife der Schnittstelle bestehen naturgemäß höchst unterschiedliche Ansichten in den unterschiedlichen Sektoren und verhindern dadurch gezielte Maßnahmen zur Reifeerhöhung.
  Eine erste Übersicht der schnittstellenspezifizierenden Standards bzw. beschreibenden Dokumente wurde im **AP 4.2** erarbeitet. Für die in **AP 4.1** definierten Schnittstellen wurden die vorliegenden Normen und Standards sowie sonstige Dokumente zusammengetragen, den festgelegten Schnittstellen im ÖSL zugeordnet und zwischen Pflicht (**technische Implementierungsbasis**) und Kür (erklärenden und **kontextstiftende Dokumente**) unterschieden. Im Projektverlauf zeigte sich, dass diese Aufgabe eine notwendige Maßnahme ist, um eine industrieübergreifende und auch normierungs-organisationsübergreifende Sicht zu erzeugen. Die Konsortialpartner haben dazu Impulse und Sichten von

US-Normen als auch von Normen aus China mit eingebracht. Bereits mit dem Fokus auf das CCS-Ladesystem für Deutschland und Europa hier im Rahmen des aktuellen Förderprojekts zeigt sich aber die Dimension des Themas Laden. Notwendig ist diese Betrachtung mit Blick auf die Export-Aktivitäten deutscher und europäischer Markteilnehmer im ÖSL und damit die Erweiterung des Fokus auf das CHAdeMO Ladesystem und das GB/T Ladesystem.

Im Projektverlauf hat sich bestätigt, dass der ursprünglich geplante Arbeitsumfang für eine umfassende und inhaltlich fundierte Recherche der einzelnen Schnittstellen nicht ausreicht. Die Menge von 19 (!) zu betrachtenden Schnittstellen war zu Projektstart nicht zu erahnen und zeigt das Potential für ein kausales Folgeprojekt. Initiale bisherige Festlegungen von schnittstellenspezifizierenden Standards an der Schnittstelle (1) EV-EVSE wurden zur Verfügung gestellt. Damit konnte bewusst gemacht werden, dass auch an den anderen 18 Schnittstellen im **ÖKOSYSTEM Laden** eine Festlegung der Spezifikationen erfolgen muss. Nur auf diesem Weg sind industrieübergreifende Teilfunktionen für das interoperable Laden in der Wirkkette Laden darstellbar. Und nur damit sind vollständige und funktionierende Kundenfunktionen Laden und damit zufriedenstellende Ladeerlebnisse bei den Kunden sicherzustellen.. Eine detaillierte Betrachtung der Schnittstellen im **ÖSL** auf Basis der wertvollen Festlegungen und Ergebnisse hier im Förderprojekt WKL wird für ein Folgeprojekt empfohlen.

In einem nächsten logischen Schritt war zu klären welche **Testprozeduren** und Testwerkzeuge zum Abtesten der Schnittstellen herangezogen werden. Im Rahmen des Konsortium wurde intensiv diskutiert, pro Schnittstelle das Mengengerüst der notwendigen Testfälle festzulegen. Das Beispiel von ca. **300 Testfällen** und den entsprechenden Testfallbeschreibungen an der Schnittstelle (1) EV-EVSE zeigt die Dimension der notwendigen Festlegungen. Die Diskussionen zeigen den großen Implementierungsspielraum der einzelnen Marktteilnehmer und die damit verbundenen Fehlermöglichkeiten. Aus marktpolitischen Überlegungen, zum Teil aus Unkenntnis bestehender Festlegungen, zum Teil aus dem Nicht-Bewusstsein der daraus resultierenden Fehlerbilder in der Wirkkette Laden. Im Rahmen des Förderprojekts konnte durch die Diskussionen das Bewusstsein für den Blick auf die gesamte Wirkkette Laden weiter geschärft werden. Eine Kernerkenntnis auf dem Weg zum **kundenfreundlichen Laden** ist, dass erfolgreich verkaufte Energie nicht automatisch ein kundenfreundliches Laden am Ende der Wirkkette Laden nach sich zieht. Rückmeldungen in der Wirkkette Laden an die Wirkketten Teilnehmer ob tatsächlich ein erfolgreiches Ladeerlebnis generiert wurde, ist eine Schlüsselerkenntnisse.

AP 4.5 Definition eines Normenqualitätsindex

Ziel: Normenqualitätsindex für die Schnittstellen des ÖKOSYSTEM Laden
Definition eines geeigneten Normenqualitätsindex mit Hilfe von Experten aus den CharIN Fokusgruppen.

Dieser Index kann Aufschluss über die öffentliche Verfügbarkeit, den Copyright Status und die Dringlichkeit eines Updates des Dokumentes z.B. wegen Unklarheiten, Interpretationsspielräumen und Harmonisierungsbedarf unterschiedlicher Sichtweisen verschiedener Normierungsorganisationen geben.

Die Konsortialpartner erarbeiten ein gemeinsames Verständnis zum Thema **Normenqualität**. Als Orientierung gilt hier die bereits definierte Schnittstelle 1 (EV-EVSE) durch die CCS Baseline V1. Hier wurde in zweijähriger Arbeit im **CharIN e.V**. das **Mengengerüst** der spezifizierenden unterschiedlichen Normen (DIN, ISO, IEC, …) für diese eine Schnittstelle abgestimmt und industrieübergreifend im Jahr 01/2020 für das **CCS-Ladesystem** festgelegt.

Für alle weiteren definierten Schnittstellen im **Ökosystem Laden** soll ein **Normenqualitätsindex** erarbeitet werden, um die Reife der Schnittstelle aufzuzeigen und zu bewerten. Hierfür wird mit einem methodischen ersten Ansatz begonnen, um diesen dann mit dem Konsortium zu einem belastbaren gemeinsamen Bewertungsansatz weiterzuentwickeln. Hierfür wurde der methodische Aufsatzpunkt für das Grundgerüst einer Übersicht der Ladefunktionen und für die entsprechende Zuordnung auf die Schnittstellen in der Wirkkette Laden erarbeitet. Die im letzten Zwischenbericht sich abzeichnende grundsätzliche Zustimmung zur **Methodik** hat sich im weiteren Projektverlauf und auch durch die Expertise von SixSigma Experten bestätigt. Die Methodik ist sehr einfach und es lässt sich damit jede Schnittstelle in der Wirkkette Laden

durch die Sammlung und Festlegung der jeweils spezifizierenden Dokumente eindeutig und nachvollziehbar industrieübergreifend transparent darstellen und nachhalten. Als Beispiel wird auf die initiale Festlegung des **Spezifikationsumfangs** der Schnittstelle 1 (EV-EVSE) verwiesen. Für diese Schnittstelle mussten industrieübergreifend 34 unterschiedliche **Normen** und 9 ergänzende Dokumente abgestimmt und festgelegt werden, um die Energieübertragung, die Kommunikation, die elektrische Sicherheit, die Umfänge für elektromagnetische Verträglichkeit sowie Lärmemissionen für alle Beteiligten als **Referenz** zur Verfügung zu stellen. Nur damit wird es industrieübergreifend möglich, beim Laden von einer gemeinsamen Perspektive zu sprechen. Im Konsortium des Förderprojekts zeigt sich darüber hinaus, dass es eine übergeordnete und klammernde, nicht im Marktgeschehen beteiligte Instanz benötigt wird, welche die Reife der **Kundenfunktionen Laden** des CCS-Ladesystems im **ÖKOSYSTEM Laden** neutral bewertet und aufzeigt. Aufgrund der nahezu Verdreifachung der ursprünglich angenommenen Schnittstellen im ÖKOSYSTEM Laden, ist die Zuordnung der IST Situation im Ansatz dargestellt, eine Prolongation für 2030 im Rahmen der aktuellen Projektarbeit wie ursprünglich angedacht aber nicht mehr darstellbar.

Auf der **Management- oder Steuerungsebene** wurde eine einfache Betrachtungsmethodik konzipiert und mit den Projektpartnern intensiv abgestimmt. Ziel dabei ist es einen möglichst einfachen und zugleich wirkungsvollen sowie nachvollziehbaren Ansatz für eine Bewertung zu finden. Jede Schnittstelle wird dabei mit drei **Harvey Balls** belegt, welche in drei Ausprägungen zeigen, wie gut die jeweilige Schnittstelle für eine Kundenfunktion Laden z.B. Plug&Charge ausgeprägt ist. Die Ausprägungen der Bewertung sind: vollständig spezifiziert, vollständig getestet, vollständig erlebbar (life). Im Projektverlauf wurde die Methodik weiterentwickelt zu: Schnittstelle **relevant (JA/NEIN)**, Schnittstelle **spezifiziert** (HarveyBall), Schnittstelle **getestet** (HarveyBall), Schnittstelle **marktreif (JA/NEIN)**. Mit den Bewertungen der beteiligten Konsortialpartner lässt sich damit eine gemeinsame Einschätzung erzeugen, in welcher Qualität die Schnittstelle beschrieben ist.

Fakt ist, dass aus heutiger Sicht ein solcher Qualitätsindex für Normen aus Sicht der Kundenfunktionen Laden noch nicht existiert. Damit besteht aktuell keine kausale Verbindung zwischen der Kundenfunktion Laden und der Spezifikation oder Testspezifikation in den entsprechenden Normen der betroffenen 19 Schnittstellen im ÖSL. Mit Hilfe des Förderprojekts Wirkkette Laden konnte dieser Zusammenhang **erstmalig** erkannt und transparent gemacht werden. Die Problemstellung eignet sich hier ebenso für ein kausales **Nachfolgeprojekt** unter Mitwirkung der betroffenen Normierungsorganisationen, um mit den relevanten Industriepartnern weitere Abstimmungen und Festlegungen treffen zu können. Für HappyCustomer@Charging und happy Companies@E-Mobility. Eine Diskussion der Erkenntnisse mit der **Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur** erscheint im Zusammenhang mit der Umsetzung des **MASTERPLAN Ladeinfrastruktur 2.0** als wertvoll und wird durch das Konsortium über den Projektrahmen hinaus empfohlen. Erkenntnisse aus dem Förderprojekt Wirkkette Laden wurden über den VDA schon projektbegleitend im Rahmen der Kommentierung für den MASTERPLAN Ladeinfrastruktur 2 aktiv bereitgestellt.

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass sich der angedachte Normenqualitätsindex im Zusammenwirken mit dem synchronisierten **CCS-Ladefunktionsmengengerüst** zu einem Wirkkettenradar weiterentwickeln lässt. Zum ersten Mal wurde die harmonisierte Sicht des CCS-Ladefunktionsmengengerüsts als Matrix über die 19 Schnittstellen aus dem BigPicture ÖSL gelegt und durch die Konsortialpartner eine erste Einschätzung gegeben, welche der Schnittstelle bei den Ladefunktionen betroffen ist und ob diese vollständig spezifiziert, testbar und marktreif sind. Das Ergebnis zeigt, dass abhängig von der Ladefunktion **unterschiedliche Schnittstellen** und Partner in der Wirkkette Laden betroffen sind. Dieser methodische Ansatz - der als **Wirkkettenradar 1.0** als Projektergebnis vorliegt - bietet Potential, Mit den Normierungsorganisationen als auch mit Industriepartnern im **CharIN** gezielt und abhängig von der einen oder anderen Ladefunktion noch **offenen Spezifikationsbedarf** an konkreter Schnittstelle zu adressieren.

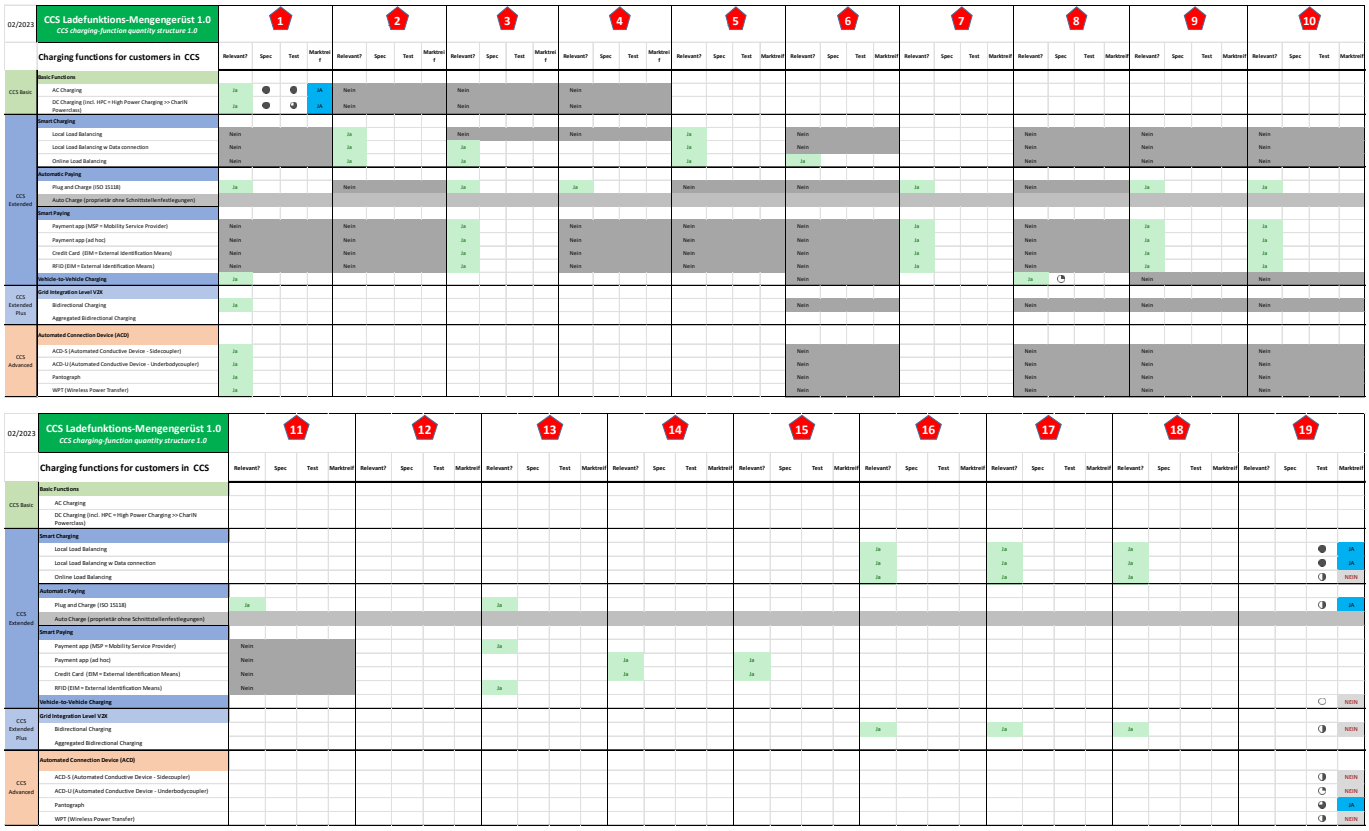


Abbildung 18 CCS-Ladefunktionsmengengerüst

2.1.5. AP5 Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität der Schnittstellen

Das Konsortium führt die Ableitung eines Maßnahmenkataloges für die Fehlermeldungen durch und erarbeitet für das Laden mit dem CCS-Ladesystem, die Kundenfunktionen Laden und damit für die Wirkkette Laden einen einheitlichen **CCS-Fehlerkatalog** ausgerichtet an den CCS-Kundenfunktionen Laden.

Quelle der Erkenntnis	Kurzbeschreibung Problemstellung/Fehler	Anzahl/ Häufigkeit	EV-Fahrers Fehlerzuordnung zur Schnittstelle/Komponent ir Ökosysten	Technisch analysierte Zuordnung zur Schnittstelle/Komponent ir Ökosysten	Schwere des Fehlers (nur info)	Problemursache	Maßnahme/ Problemlösung A	Maßnahme/ Problemlösung B	Maßnahmen Stakeholder	Aufwand zur Behebu	Zeithorizont der Verbesserung	Priorität der Maßnahme (gewicht	Usecase	Bereits behoben?	Fehlercluster?	Beschreibung Lösungsansatz Detailbetrachtung im Abschluss	Maßnahmenkatalog Bewertung
					Schwer (Laden ist nicht möglich) Mittel (Laden ist erschwert) Leicht (Laden ist möglich)					hoch mittel gering	langfristig (>5 Jahre) kurzfristig (1-2 Jahre) mittelfristig (3-5 Jahre)	hoch mittel gering					
Realladorversuch	Authentifizierung SMS		Kunden	Kunden	Schwer (Laden ist nicht möglich)	-Sperre der SMS -Bezahlfunktion beim Nutzer -Für Prepaid/ausländische Nutzer ist die Funktion nicht gegeben	-Hinweis per SMS auf alternative Bezahlmöglichkeiten		Kunde	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlicher Parkraum	Nein			
Tagebuchstudie_qual	Vertauschte Kabel (Stecker-Buchse) werden von der Ladestation nicht bemerkt	einmal	Ladesäule	Ladesäule	Leicht (Laden ist möglich)	-vertauschte Kabel in der Buchse	-explizite Kennzeichnung an der Ladesäule		CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlicher Parkraum	Nein			3
Tagebuchstudie_qual	QR-Code nicht standardisiert (QR-Codes können nicht von allen Apps gelesen werden)	6% (3%)		MSP-Backend - CPO-Backend	Mittel (Laden ist erschwert)	-nicht auslesbare EVSE-ID in der URL des QR Codes	-standardisierte Formatierung der EVSE-ID in der URL		MSP/CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlich/privat	Nein			3
Tagebuchstudie_qual	POI-Daten sind ungenau bzw. nicht aktuell	3% (2%)	CPO	CPO	Schwer (Laden ist nicht möglich)	-nicht gepflegte POI Daten -MSP hat nicht die aktuellsten Daten	-regelmäßige Überprüfung der Daten (dB bei der Vertung)	-regelmäßiger Abruf der Daten durch MSP	MSP/CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlich/privat	Nein			3
Tagebuchstudie_quant	Ladestation-Backend: Verbindungsproblem	2% (1%)	Ladesäule - CPO-Backend	Ladesäule - CPO-Backend	Schwer (Laden ist nicht möglich)	-Netzabdeckung (Empfangsprobleme) -Verbindungsproblem	-Whitelisting -Notfallladefunktion aktivieren	-sekundärer Sim-Modem (redundante Kommunikationskanäle)	CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlicher Parkraum	Nein			3
Tagebuchstudie_quant	Authentifizierung: falsche Reihenfolge	1% (1%)	EV-Fahrer	EV-Fahrer	Leicht (Laden ist möglich)	-Timeout bei der Authentifizierung	-Erweiterung der Timeou	-verbesserte Benutzerführung/ User-interface	CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlich/privat	Nein			3
Tagebuchstudie_quant	Ladestation: falsche Parameter-Einstellung	1% (1%)	Ladesäule	CPO-Backend	Mittel (Laden ist erschwert)	unvollständig gepflegte Daten, Fehlinterpretation der Schnittstellen	CPO muss sicherstellen, dass die Daten korrekt hinterlegt sind	Roamingprotokolle müssen angepasst werden um die konkrete Ladeleistung am Ladepunkt zu übermitteln	MSP/CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	gering	Öffentlicher Parkraum	Nein			3
Tagebuchstudie_quant	Ladestation: Stecker vertauscht	1% (1%)	Ladesäule	Ladesäule	Schwer (Laden ist nicht möglich)	Falsche Ablage des Steckers beim Ladevorgang zuvor	Beschriftung/Markierung an der Ladestation/Ladestecker muss eindeutig sein		CPO	gering	kurzfristig (1-2 Jahre)	mittel	Öffentlicher Parkraum	Nein		X	2
Tagebuchstudie_quant	Ladestation-Fahrzeug: techn. Fehler / unbekannt	1% (2%)	Ladesäule	Ladesäule-Fahrzeug	Schwer (Laden ist nicht möglich)	nicht nachvollziehbare Fehleranzeige	Verminderung der am häufigsten auftretenden Fehlerzustände -Top20 Fehler in einem standardisierten Fehlerkatalog Ladestation zusammenfassen		Fahrzeug/CPO/MSP	hoch	mittelfristig (3-5 Jahre)	mittel	Öffentlicher Parkraum	Nein		X	4

Abbildung 19 Im Konsortium abgestimmter Proof of Concept für einen harmonisierten Fehlerkatalog des CCS-Ladesystems (Auszug)

Die Gesamtsicht für eine Qualitätsverbesserung der Schnittstellen im ÖKOSYSTEM Laden hängt dabei maßgeblich davon ab, dass sich die beteiligten Industriepartner und Normierungsorganisationen mit dem **BigPicture Ökosystem Laden** und dem hier im Förderprojekt erarbeiteten Wirkkettenradar der Wirkkette Laden aktiv und wertfrei auseinandersetzen. Der Ansatz der **Methodik SMART** (S – Specific (spezifisch), M – Measurable (meßbar), A – Achieveable (erreichbar), R – Relevant (passend), T – Timely (zeitgerecht)) ist ein Impuls der SIXSIGMA Experten, um die Messbarkeit der CCS-Ladesystementwicklung im Zusammenwirken mit den diversen Normierungsorganisationen aktiv zu gestalten, und in der Folge nachhalten zu können. Im Rahmen des **Abschlussworkshops** werden die möglichen Maßnahmen diskutiert,

ergänzt und nächste Schritte zur Umsetzung empfohlen. Im Verlauf des Projekts hat sich ein Thema in den Vordergrund gedrängt und wurde im Konsortium und zudem im Rahmen der Ladeinfrastrukturkonferenz der **Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur** eingebracht. Um einen Ladepunkt eindeutig zu identifizieren und im Ökosystem Laden eindeutig zu verorten, besteht der Bedarf, jedem **Ladepunkt** verpflichtend eine **EVSE ID** zu geben. Damit kann die Frage erörtert werden, wer verantwortlich ist etwas zutun damit diese Lücke in der Wirkkette Laden im Ökosystem Laden schnellstmöglich bzw. zu einem definiert erwarteten Zeitpunkt geschlossen wird. Siehe hierzu auch der erarbeitete **Maßnahmenkatalog** für die Ladeinfrastruktur.

Es wurden folgende 10 Maßnahmen erarbeitet. Diese sind nach Zeithorizont in kurz, mittel- und langfristig

Kurzfristige Maßnahmen

1. Verbesserung der POI-Datenqualität für den Nutzer
2. Überwachen der Nutzereingaben und dementsprechende Servicemaßnahmen
3. Automatisierte Wiederaufnahme des Ladevorgangs
4. Korrekte und eindeutige Kennzeichnung des Ladesteckers an der Ladesäule
5. Notfallladefunktion für Offlinebetrieb aktivieren
6. Schaffung von Transparenz zu Ladeleistung der Ladesäule, Ladekurve des Fahrzeuges, Umgebungsbedingungen/ Temperaturrating, Powersplit, Forecasting

Mittelfristige Maßnahmen

7. Verlässliche Live-Zustandsanzeige der Ladesäule entlang der Wirkkette-Laden
8. Roaming-Protokolle müssen die aktuelle Ladeleistung eines Ladevorgangs übermitteln
9. Standardisiertes Fehlercodes und Ermittlung entlang der Wirkkette-Laden

Langfristige Maßnahmen

10. Sensibilisierung über Parkverbot auf Ladeplätzen

Im Weiteren wird auf die Details der Maßnahmen aus dem Projekt eingegangen.

1. Verbesserung der POI-Datenqualität zum Nutzer

Es stellte sich heraus, dass veraltete und unzuverlässige POI-Daten ein Problem für das Laden darstellen können. Damit fehlen u.a. für die Navigation anfahrtrelevante Informationen. So kann man bei Wartungseinsätzen überprüfen, ob POI-Daten wie z.B. Geolokation aktuell sind. Durch Hinzufügen von Anfahrtsinformationen in den POI-Daten (z.B. Geolokation der Zufahrt, Etage usw.) wird die Navigation zur Ladesäule erleichtert. Feedback vom Kunden sollte ebenso berücksichtigt werden. Eine zeitnahe Bereitstellung durch Abruf der Daten durch die MSPs sollte sichergestellt sein. Aktivitäten zu Mobilitätsdaten auf Bundes- und EU Ebene sind bereits gestartet.

2. Überwachen der Nutzereingaben und dementsprechende Servicemaßnahmen

In einigen Fällen startet der Ladevorgang nicht auf Grund eines nicht reagierenden Nutzerinterfaces oder Ladecontroller. Auch Umgebungseinflüsse können den Ladestart verhindern. Durch Monitoring der Nutzerinteraktion an der Ladeinfrastruktur können wiederholt erfolglose Ladeversuche detektiert und darauf reagiert werden. Das Monitoring kann sowohl im Backend wie an der Ladeinfrastruktur erfolgen.

Basierend auf dem Monitoring können Interaktionsmuster für bekannte Fehler erfasst und dem Nutzer Anwendungshinweise bereitgestellt werden, um Fehlerquellen zu umgehen.

3. Wiederaufnahme des Ladevorgangs

Der Abbruch des Ladevorgangs aufgrund kurzfristiger technischer Störungen in der Ladesäule oder im Fahrzeug, die eine Fortsetzung des Ladevorgangs erlauben, sollte vermieden werden. Falls trotzdem geschehen, ist eine selbständige Wiederaufnahme des Ladevorgangs ("Neustart") durch die Ladesäule, sobald die Störung nicht mehr vorliegt, möglich. Ohne neuen Steckvorgang und neuer Autorisierung ist der technische Ladevorgang neu zu starten und sicherzustellen, dass es sich nur um eine kurzfristige Störung handelt. Dies kann durch eine technische Klärung der restart Signalisierung z.B. im Rahmen einer CharIN application note geschehen. Außerdem muss in den Geschäftsbedingungen abgeklärt werden, dass ein Restart unter die bisherige Autorisierung fällt. Eine Abklärung der technischen Restart Signalisierung wurde bereits in der CharIN "field observation group" initiiert.

4. Korrekte Kennzeichnung des Ladesteckers an der Ladesäule

Es sollte vermieden werden, dass durch die unnachvollziehbare Kennzeichnung der verschiedenen Ladestecker an der Ladesäule der Ladevorgang nicht gestartet werden kann. Dies kann an der mangelnden Beschriftung des Ladesteckers oder der nicht durchgeführten Verarbeitung der Kennung vom EMP aufgrund mangelnder Standardisierung liegen. Mit einer Best-Practice-Ladesäulenfolierung und einheitlicher Stecker-Kennzeichnung am Stecker, an der Ladesäule, in der App und im Fahrzeug kann dies verhindert werden. Die EVSE-ID sollte ein zentrales Identifikationsmerkmal am Ladepunkt.

5. Notfallladefunktion aktivieren

Wenn eine Ladesäule IT seitig nicht erreichbar ist (z.B. durch Ausfall der Mobilfunk/Sim Karte oder des CPO-Backends) sollte eine Notfallladefunktion aktiviert sein. Dies verhindert das „Stranden“ von E-Fahrzeugen und eine Abrechnung ist zudem im Nachhinein möglich. Das kann u.a. durch „Whitelisting“ ermöglicht werden. Alternativ kann der Einsatz von National-Roaming und Wechsel auf ein anderes Mobilfunknetz, sofern die Modems es unterstützen (redundanter Kommunikationskanal), erfolgen.

6. Schaffung von Transparenz zu Ladeleistung der Ladesäule, Ladekurve des Fahrzeuges, Umgebungsbedingungen/ Temperaturrating, Powersplit, Forecasting

Durch die Bereitstellung von mehr Informationen für den Kunden werden Fragen geklärt, die sonst im Nachhinein zu Unsicherheiten führen würden. Wie die reduzierte Ladeleistung, die verschiedene Ursachen haben kann. Dazu müssen mehr Daten aus den Fahrzeugen und der Ladesäulen erfasst und bereitgestellt werden, so dass eine entsprechende verbesserte Transparenz gegenüber dem Fahrer ermöglicht wird. Dafür braucht es eine Vereinheitlichung der Bereitstellung der verschiedenen Daten aus dem Fahrzeug und der Ladesäule. Hierfür wird eine Schnittstelle benötigt, um einen sicheren Datenaustausch zu gewährleisten. Hierzu ist eine Aktivität zur Informationsbereitstellung in der CharIN Fokusgruppe Ladeinfrastruktur gestartet.

7. Synchronisierte und verlässliche Zustandsanzeige des Belegt-Status der Ladesäule

Der Kunde muss in der App und im Fahrzeug bei der Planung des Ladevorgangs zuverlässige Informationen über den Belegt-Status der Ladesäule erhalten. Dabei scheint es in Einzelfällen keine ausreichende Aktualisierung der Zustände sowie dem "Alter"/Zeitstempel der Zustandsinformationen zu geben, was zu einer größeren Verunsicherung des Nutzers führt. Eine mangelnde Datenanbindung an Standorten verschlimmert die Situation. Es ist klar, dass nicht immer eine Synchronisierung des Zustands über alle Schnittstellen bis hin zum Fahrer gewährleistet sein kann. Eine Verbesserung hin zu einer flächendeckenden und zuverlässigen Datenanbindung an allen Standorten (u.a. Netzabdeckung) ist sicherlich anzustreben. Kurzfristig wäre ein „Alter“ der Zustandsinformation für den Fahrer als Hinweis bereits sehr hilfreich, da er

dann die Verlässlichkeit der Information bewerten und ggf frühzeitig umplanen kann. Darüber hinaus steigern Aktivitäten und Projekte zur Reservierung und Verkehrsmanagement an Ladestandorten die Verlässlichkeit.

8. Roaming-Protokolle müssen angepasst werden, um die konkrete Ladeleistung am Ladepunkt zu übermitteln

Es braucht standard Roaming-Protokolle, um die konkrete und aktuelle Ladeleistung des laufenden Ladevorgangs auf dem Display zu erweitern. Die restliche Ladedauer an einer Ladesäule wird im Wesentlichen von der realen Ladeleistung während des Ladevorgangs abgeleitet. Die wird zwar im Fahrzeug oder auch teilweise an der Ladesäule angezeigt, sobald der Fahrer aber den Ladestandort verlässt, stehen ihm diese Informationen nicht mehr zur Verfügung. Somit kann er nicht abschätzen, wie lange der Ladevorgang noch bis zum vorgesehenen Ladestatus laufen wird und wann er am Fahrzeug zurück sein sollte. Hierfür braucht es eine Abstimmung der Marktteilnehmer, wie die Roaming-Protokolle um Daten erweitert werden, um den aktuellen Stand des Ladevorgangs inklusive der Ladeleistung eindeutig und korrekt zu übertragen. Die Erweiterung der CPO und EMP-Apps ist erforderlich, um die entsprechende Darstellung dieser Daten zu ermöglichen.

9. Standardisiertes Fehlercodehandling

Wenn Fehler im Rahmen eines Ladevorgangs auftreten, sollten deren Ursachen in einer einheitlichen und standardisierten Weise dem Fahrzeug, dem CPO, dem EMP und somit auch dem Fahrer zur Verfügung stehen. Dies verhindert das Auftreten des Fehlers nicht, hilft aber dabei, ihn nachzuvollziehen und in einem späteren Schritt zu beheben. Dafür müssen sich alle Fahrzeug- und Ladesäulenhersteller auf ein einheitliches Fehlercodesystem verständigen. Diese einheitlichen Fehlercodes müssen in den standardisierten Schnittstellen für alle Marktteilnehmer zur Verfügung gestellt werden. Die Darstellung der Fehler gegenüber dem Fahrer sollte erfolgen, so dass dieser die Ursachen versteht.

10. Sensibilisierung über Parkverbot auf Ladeplätzen

Wenn das Laden durch Verbrenner (Falschparker) oder nicht ladende Fahrzeuge verhindert ist, muss dies entweder durch entsprechende Beschilderung oder durch Blockier Gebühren bestraft werden. Eine Langzeitmaßnahme wäre hier die Aufklärung bereits in der Fahrschule. Hierfür müssen entsprechend einheitliche Regelungen getroffen werden.

Neben den 10 Maßnahmen haben sich, während des Projektverlaufs zusätzliche Ideen gesammelt, die für eine optimale Ladesäule relevant wären. Diese Ideen haben wir in obligatorische und empfohlene unterteilt und in einer Darstellung (Abbildung 20) zusammengefasst.

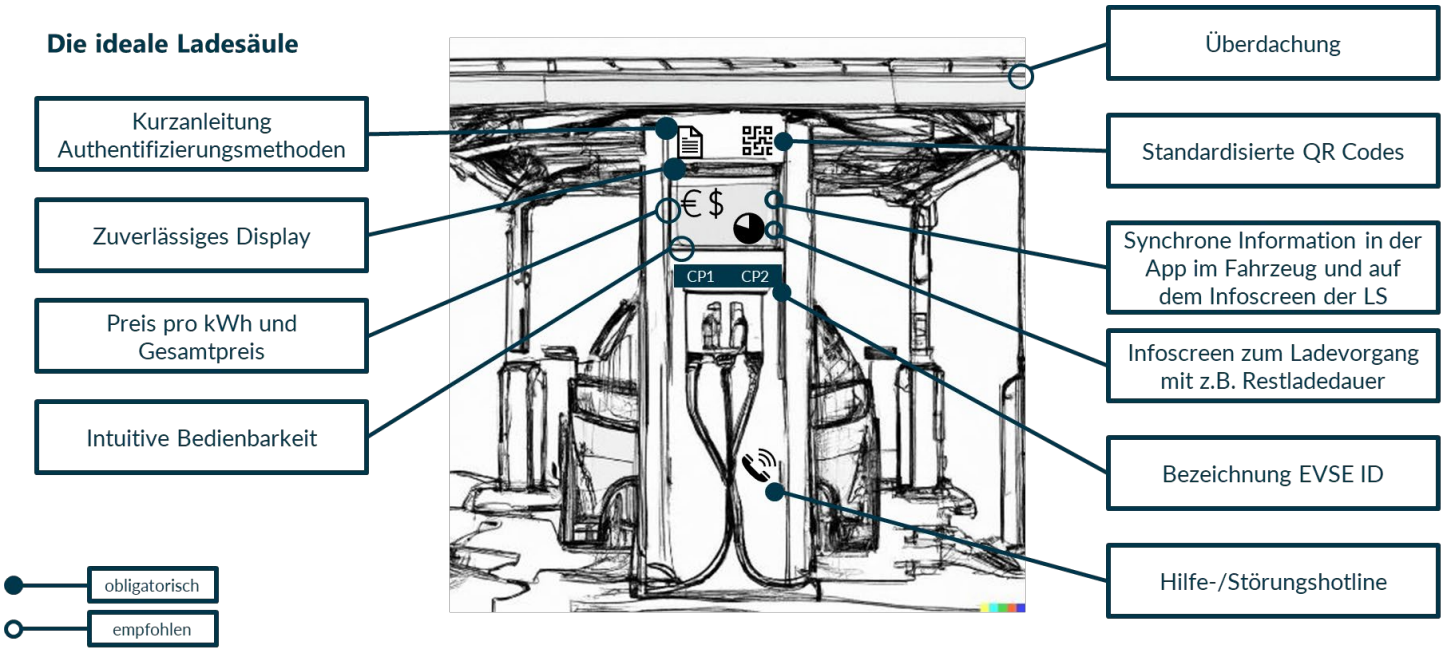


Abbildung 20 "Die Ideale Ladesäule"

Umfassend haben wir **12 Gestaltungsprämissen** festgelegt, die für eine ideale Ladesäule erforderlich sind.

Obligatorisch

1. Es wird einheitlich die EVSE-ID oder ein Teil der EVSE-ID (i.d.R. letzte Ziffern) zur Bezeichnung der Ladeanschlüsse an der Ladestation verwendet – davon unabhängige, andere IDs, bspw. CPO-interne Ladestationsnummern, sollten nicht auf der Ladestation zu finden sein. Die ID des eichrechtskonformen Stromzählers ist bestmöglich von der EVSE-ID abzugrenzen.

2. Die EVSE-ID-Beschriftung ist dort angebracht, wo ein Vertauschen ausgeschlossen ist, also bspw. am Ladestecker selbst und nicht an dessen Fassung.

3. Bedienelemente wie Touchscreens und Knöpfe funktionieren zuverlässig bei jeder Witterung – genauso ist das Display bei jedem Wetter ablesbar und das RFID-Lesefeld eindeutig als solches zu erkennen, auch bei Sonneneinstrahlung.

4. Die in den auf der Ladestation angebrachten QR-Codes hinterlegten URLs sind so weit standardisiert, dass sie von jeder App gelesen werden können und damit das Starten des Ladevorgangs ermöglichen – und nicht nur auf allgemeine Informationen zum Laden verlinken.

5. Für alle möglichen Authentifizierungsmethoden gibt es zumindest eine Kurzanleitung direkt an der Ladestation.

6. Hilfe-Hotline bzw. Störungshotline des Ladestationsbetreibers (mit 24/7-Erreichbarkeit) sollte gut sichtbar auf der Ladestation angebracht werden.

Empfohlen

7. Es ist – auch beim vertragsbasierten Laden – vor dem Laden der Preis pro kWh und nach dem Laden der Gesamtpreis an der Ladestation ersichtlich (erfordert Mitwirken des Fahrstromanbieters; technisch-organisatorische Machbarkeit zu prüfen).

8. Die Ladestation gibt Anweisungen zu Handlungsschritten und Rückmeldung bei Erfolg oder Nichterfolg eines Prozessschritts (ggf. mit Hilfestellungen). Für jeden Prozessschritt werden Hilfestellungen angezeigt.

9. Die intuitive Bedienbarkeit der Ladestationen, v.a. beim Starten und Beenden von Ladevorgängen, wird durch optimierte UX-Konzepte, z. B. über audio-visuelle Effekte, verbessert.

10. Die Ladestation verfügt über einen Wetterschutz, i.d.R. also ein Dach.

11. Ein Infoscreen zum Ladevorgang zeigt Informationen zur Restladedauer bis zu einem gewünschten SoC bzw. einer gewünschten Reichweite (erfordert u.U. Eingangsdaten vom Fahrzeug).

12. Die in der Lade-App angezeigten Informationen und die auf der Ladestation angezeigten Informationen (bspw. SoC) sind synchron.

2.1.6. AP6 Weiterentwicklung des Zielbilds der Wirkkette Laden

AP 6.1 Identifikation der zukünftigen Lade Use Cases

Um sektorübergreifend beim Laden auf einer gemeinsamen Basis zu sprechen, wurde über die **Nationale Plattform Mobilität** eine Übersicht der wichtigen Lade Use Cases erarbeitet. Diese gemeinsame Referenz von **Lade Use Cases** wurde auch bei der Erarbeitung des **BigPictures des ÖSL** hier im Förderprojekt mit herangezogen. Ziel war es mit den Konsortialpartnern ein gemeinsames Verständnis zur aktuellen Absprungbasis der **7 NPM Lade Use Cases** zu erzeugen um anschließend die aktuell bestehenden Ideen und Impulse für eine Weiterentwicklung der Lade Use Case Betrachtungen aufzunehmen. Die Ladetechnologien werden heute rein in AC, DC und HPC Ladetechnologie- und Ladeleistungsklassen den Lade Use Cases zugeordnet. In diesem AP wurden nun zwei Dimensionen der Betrachtung weiterentwickelt und harmonisiert. Zum einen wurden durch das Konsortium das **Mengengerüst der potenziellen Ladefunktionen** aus den unterschiedlichen Blickwinkeln als auch die Ideen zu **neuen Lade Use Cases** weiterentwickelt. Zum anderen wurden die Ideen und Impulse des Konsortiums zur Weiterentwicklung einer **sektorübergreifenden Lade Use Case** Referenz gesammelt und harmonisiert.

Zu den Ladefunktionen wurde in den Häusern die Sichtweisen zusammengetragen und zusätzlich mit den Betrachtungen aus CharIN des **CharIN CCS Stufenmodells** sowie der **Grid Integration Level 1 bis 4** in ein gemeinsames, harmonisiertes Mengengerüst an Ladefunktionen übertragen. Dieses **CCS-Funktionsmengengerüst Laden 1.0** (**Abbildung 21**) kann nun die Basis für eine breite Abstimmung innerhalb der Industrie z.B. über **CharIN** aber auch unterstützt und flankiert durch die **Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur** sein. Ein solches Gerüst steht nach Kenntnis der Teilnehmer in dieser Form erstmalig zur Verfügung. Dank der intensiven Zusammenarbeit im Förderprojekt konnte dieser Vorschlag als Ergebnis einer Harmonisierung- und Synchronisierungsarbeit auf den Punkt gebracht werden. Unterschiedliche Sichten konnten somit in eine gemeinsame Sicht weiterentwickelt und festgelegt werden.

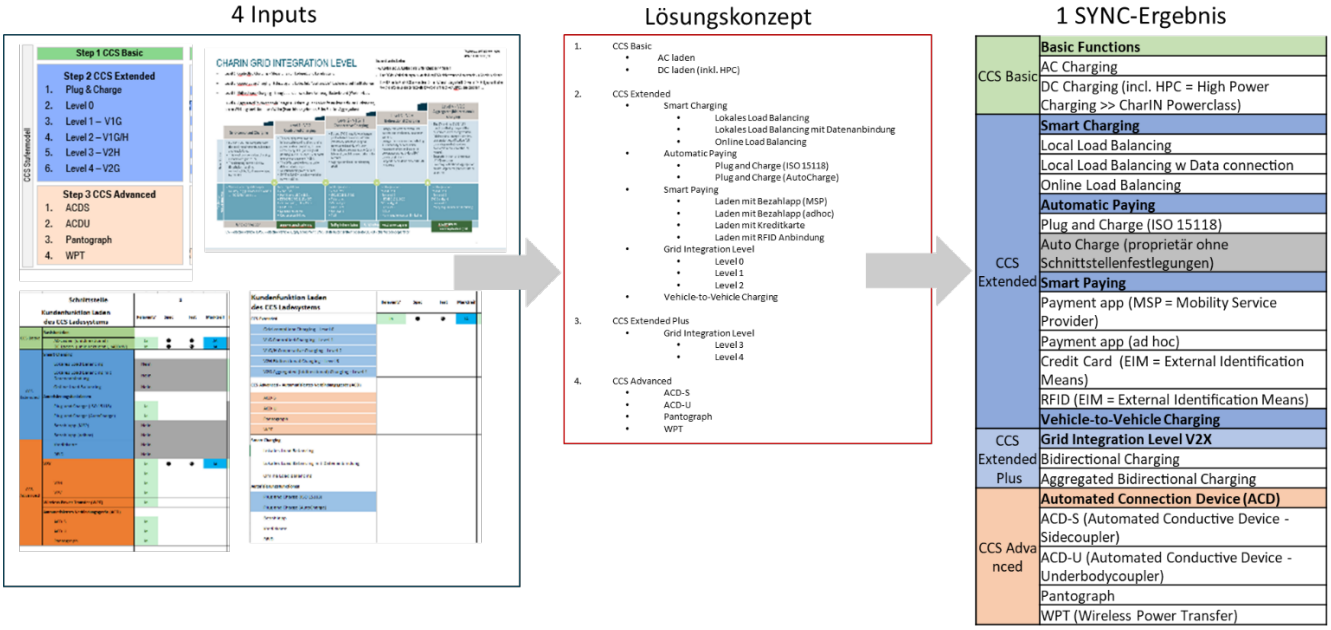


Abbildung 21 Konsolidiertes und Harmonisiertes Mengengerüst der CCS-Ladefunktionen

Im Weiteren werden dann die bestehenden Ideen für die Weiterentwicklung der Lade Use Cases gesammelt und im Rahmen der Förderprojektarbeit transparent in einer Übersicht zusammengetragen. Diese Übersicht wird durch eine **CharIN** Übersicht um einen **Buyers Guide** ergänzt. Diese Sammlung ist bisher losgelöst von den **7 NPM Lade Use Cases** erfolgt. Hier im Konsortium des Förderprojekts werden jetzt erstmalig die verschiedenen Betrachtungen an den bestehenden Lade Use Cases gemappt und die zusätzlichen Ideen zu **11 Lade Use Cases** der Konsortialpartner in einer gemeinsamen Übersicht zusammengetragen und harmonisiert. Dabei hat sich herausgestellt, dass hier wie bei der Arbeit rund um das Mengengerüst der Kundenfunktionen Laden oder wie schon beim **ÖSL** die Herausforderung darin besteht, die unterschiedlichen Sichten zu kategorisieren und zu ordnen. Im vorliegenden Vorhaben ist es gelungen die Lade Use Cases in eine Haupt- und Unterstruktur einzusortieren. In der **Abbildung 22** wurden hierfür die Begriffe „Hauptstandorte für Ladeinfrastruktur“ und „typische ergänzende Standorte für Ladeinfrastruktur“ abgestimmt und festgelegt. Damit sind die bestehenden Arbeiten der **NPM**, die Ideen der **Projektpartner** und die Arbeiten der **CharIN** Arbeitsgruppe in einer Lade Use Cases Struktur zusammengefasst worden. Aus Sicht der Konsortialpartner ein weiterer Meilenstein auf dem Weg in eine elektromobile Zukunft.

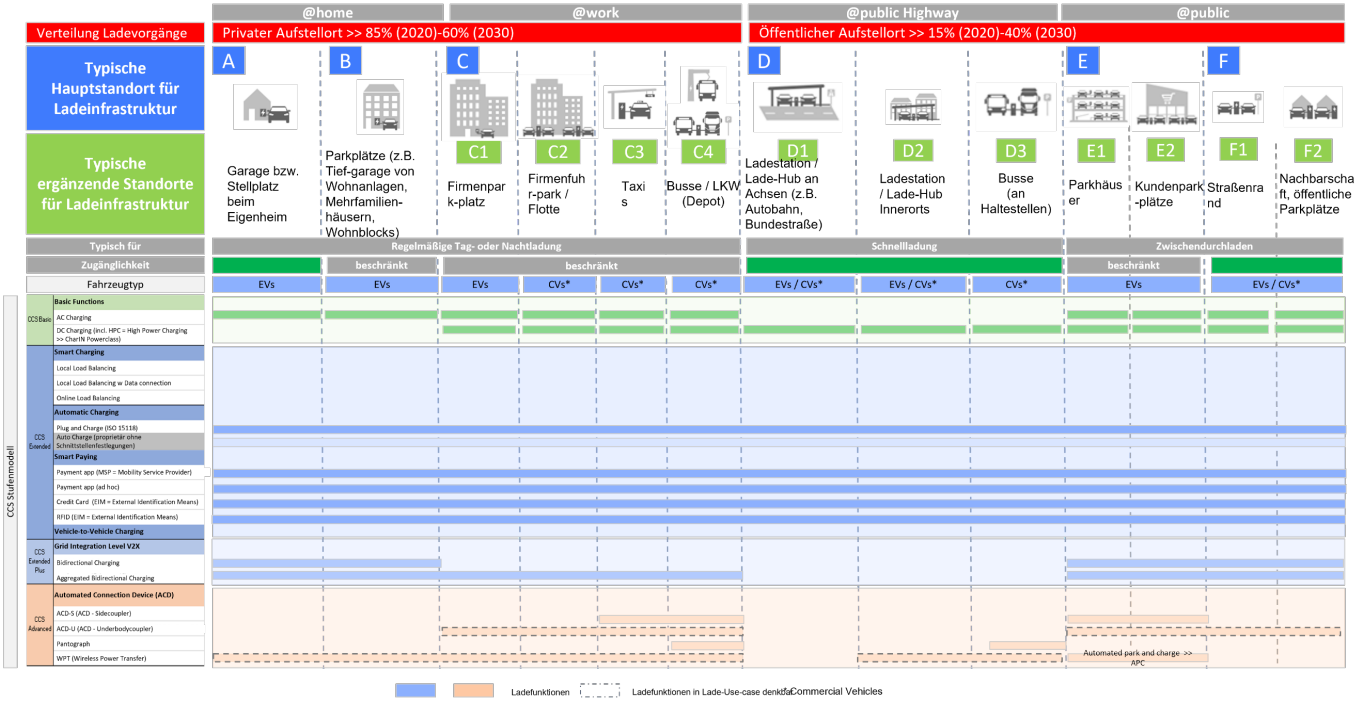


Abbildung 22 Konsolidierte Weiterentwicklung der NPM Lade Use Case Sichten >> 11 Lade Use Cases

6.2 Mapping der konsolidierten Lade Use Cases

Im **AP 6.2** wurden dann als integrativer Ansatz die erarbeiteten und harmonisierten Kernelemente der Betrachtung in einer Lade Use Cases (LUC) und CCS-Ladefunktionen (CCS LF) Matrix erstmalig zusammengeführt. Diese **LUC - CCS LF Matrix** zeigt transparent komprimiert die komplexen Verflechtungen von Ladetechnologien, Ladefunktionen und Lade Use Cases. Aktuelle Weiterentwicklungsideen werden ebenso dargestellt. Dieser integrative Ansatz konnte im Rahmen des Förderprojektkonsortiums erstmalig erarbeitet und damit industrieübergreifend beispielhaft bereitgestellt werden. Damit besteht die Möglichkeit die - aus den **AP 3, 4 und 5** herausgearbeiteten - Problemfelder der **„Heatmap“** Laden und der Reallabor Erkenntnisse dezidiert einem Lade Use Case bzw. einer Ladefunktion zuordnen zu können. Um Rahmen der Projektarbeit konnte eine systematische Identifikation der Problemfelder unter Zuhilfenahme der erarbeiteten Referenzen erfolgen. Hierdurch konnte ein **Katalog** von spezifischen Handlungsempfehlungen als Gestaltungsprämissen für die Verbesserung der User Journey Laden erarbeitet werden. Die Signale aus dem Konsortium für die weitere Verwendung gerade auch durch die **Leitstelle Ladeinfrastruktur** sind sehr positiv und zeigen eine erste Wirksamkeit der erarbeiteten Ergebnisse. Es werden bereits Maßnahmen umgesetzt, um die Qualität des Ladevorgangs zu erhöhen und Ladefehler in der Wirkkette Laden zu reduzieren. Im Projektverlauf hat sich zudem gezeigt, dass der Betrachtungsumfang weit über den aktuellen Projektfokus hinausreicht. Einzelnen Problemstellungen in der Wirkkette Laden konnten adressiert werden, eine gezielte weitere Betrachtung und Abstellung von Fehlern in der Wirkkette Laden werden aber für ein kausales Folgeprojekt z.B. **Wirkkette Laden 2.0** vorgeschlagen.

AP 6.3 Kritische Reflektion der im Projekt verwendeten Methodiken mit Blick auf zukünftige Lade-Szenarien und Kundenzentriertheit (VA BMW)

Im **AP 6.3** wird der Fokus auf die angewandte Methodik gelegt. In Zusammenarbeit mit Qualitätsmanagement-Experten aus dem aus dem Projektkonsortium konnten aus dem SIXSIGMA Methodenbaukasten eindeutige Handlungsempfehlungen hier im Förderprojekt angewendet werden. Die eingebrachten Kernmethoden sind der ONE-Pager, die Problemhierarchieanalyse, die Bauteilstrukturierungsmethodik des Mengengerüsts, der Design Thinking Ansatz sowie der Ansatz des **System Based Engineering (SBE)** zur Mustererkennung. Im Rahmen der Anwendung im **AP 1** beim BigPicture des ÖSL haben diese Qualitätsmethoden ihre erfolgreiche Anwendung beweisen können. Im Rahmen der Projektarbeit war es möglich, die gleiche Architektur des ÖSL in unterschiedlichen Ausprägungen und damit Leveln der Betrachtung kongruent und selbstähnlich in drei Detailierungsstufen darzustellen. Die wesentlichen Informationen müssen dabei auf einem ONE-Pager und dabei zwingend kongruent angeordnet werden können. Nur in dem Fall hat das **Management** und die **operative Entwicklung** eine gemeinsame Besprechungsgrundlage. Die selbe Grundlage wird auch beim Mengengerüst der Ladefunktionen als auch bei den weiterentwickelten Lade Use Cases geschaffen. Verbunden mit Methoden der Problemhierarchieanalyse und Bauteilstrukturierungsmethoden des Mengengerüsts mit seinen Strukturstufen konnten die bestehenden Elemente und Ideen für alle Beteiligten grundsätzlich passend geordnet und angeordnet werden. Beim Normenqualitätsindex hat sich gezeigt, dass die grundsätzliche Idee in gleicher Weise zur Anwendung gebracht werden kann. Auf Grund des begrenzten Projektumfangs, konnte eine weitere Detaillierung nicht behandelt werden. Daher soll der erarbeitete Ansatz für ein **Normenqualitätsindex** über eine **Fokusgruppe des CharIN** oder in einem Anschlussprojekt weiterbearbeitet werden. Idealerweise sind, wie an anderer Stelle erwähnt auch Partner der Normierungsorganisationen involviert, um ihre Gestaltungsideen einzubringen. Die Fortführung des hier initiierten und angewendeten **Design Thinking-Ansatzes**, der den Kunden in den Mittelpunkt rückt, wird ausdrücklich befürwortet. Insbesondere um zu reflektieren, mit welcher Wirkung technische Lösungen letztendlich beim Kunden ein Ladeerlebnis erzeugen. Ergänzt wird die Weiterentwicklung der Wirkkette Laden aus Sicht des Qualitätsmanagements durch den Ansatz **System-Based-Engineering**. Im Verlauf des Projekts hat sicher herausgestellt, dass es wertvoll und sinnstiftend ist die bestehenden Elemente des ÖKOSYSTEM Ladens als Teile eines Gesamtsystems zu betrachten. Stellt man im Rahmen dieses methodischen Ansatzes die bestehenden Elemente immer wieder in eine systematische Beziehung zueinander, wird deutlich, welche Zahnräder mit welchen anderen Zahnrädern ineinandergreifen müssen. Die Metapher vom ÖKOSYSTEM Laden als Getriebesystem hat im Projekt geholfen, den Mehrwert der Harmonisierungsarbeit zu erkennen und die damit verbundene Priorisierungen sowie intensive Abstimmung zu realisieren. Last but not least wurde ein wirkungsvolles **Änderungs- und Versionierungsmanagement** der Leitdokumente des CCS-Ladesystems als notwendige Methode erkannt, damit die vielen erforderlichen, die Wirkkette Laden und das **ÖKOSYSTEM Laden** beschreibenden Dokumenten gesteuert weiterentwickelt werden. An dieser Stelle wird empfohlen, das bei den **Normierungsorganisationen** angewendete **Dokumentenversionierungs**- und **Freigabe Management** auch für die Leitdokumente der Wirkkette Laden zur Anwendung zu bringen.

2.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Gestaltungsprämissen

Die Gestaltungsprämissen entstanden fortlaufend und stellen eine Sammlung an erarbeiteten Empfehlungen dar, die projektübergreifend diskutiert und aufgenommen wurden. Sie soll der Industrie als Leitfaden zur Gestaltung einer Ladesäule dienen. Die Umsetzung dieser Punkte vermeidet Missverständnisse und führen zu einem besseren Ladeerlebnis des Kunden an der Ladesäule. Die Betrachtung des Kreditkartenterminals wurde exkludiert, da hierzu aufgrund des Zeitrahmens keine Projektergebnisse vorliegen. Die Ergebnisse im Projektkonsortium haben ergeben, dass die Nutzung von Kreditkartenterminals potenzielle Fehlerquellen hervorrufen kann. Eine Steigerung der Komplexität und damit zusammenhängend die Fehleranfälligkeit ist zu erwarten. In einem weiterführenden Projekt sollten die Gestaltungsprämissen auch hinsichtlich der Barrierefreiheit erweitert werden.

Maßnahmen dienen zur Verwertung

Die im Rahmen des Förderprojektes herausgearbeiteten Maßnahmen und Vorschläge werden als Input in verschiedene Gremien und Arbeitsgruppen gespiegelt. Mit der englischen Übersetzung werden Sie auch international für Unternehmen und Regierungsorganisationen verfügbar gemacht. Im Rahmen von weiteren Förderprojekten sollen die Maßnahmen umgesetzt werden und zum kundenfreundlichen Laden beitragen.

Spiegelung der Ergebnisse auf verschiedene Gremien (Big Picture, LFMG)

Die verschiedenen Ergebnisse aus dem Förderprojekt wie dem Big Picture Ökosystem Laden, das Ladefunktionsmengengerüst oder die Maßnahmen zur Vermeidung von Ladefehlern werden Gegenstand von aktuellen Diskussionen in Gremien und Verbänden. Hierfür ist das Konsortium mit der NOW GmbH und dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr eng im Austausch.

Glossar

Im Konsortium wurde zusätzlich ein Glossar über die verwendeten Fachbegriffe erstellt, um eine einheitliche Sprache „zu sprechen“ und Missverständnisse zu vermeiden. An diesem Punkt wird auch eine Vereinheitlichung auf globaler Ebene benötigt. Beispielsweise kann eine Ladestation aus mehreren Ladepunkten bestehen oder ein EMSP (Electric Mobility Service Provider) woanders als in Deutschland vielleicht nicht als solcher bekannt sein.

2.3. Veröffentlichung

In diesem Abschnitt werden einige Veröffentlichungen der Konsortialpartner aufgeführt, die während des Projektes entstanden sind:

Projektwebseite NOW GmbH

- Auf der Projektwebseite der NOW GmbH findet man grundlegende Informationen zum Förderprojekt
  https://www.now-gmbh.de/projektfinder/wirkkette-laden/

- EVS35: Veröffentlichung eines Konferenzpapiers („Holistic approach for identifying weaknesses in the electric vehicle charging ecosystem") und Vorstellung im Rahmen einer „lecture session"

- Präsentation des Projekts auf der Ladeinfrastruktur-Konferenz des BMDV am 29.06.2022 im Rahmen der Ausstellung

- Unit-E²
  https://unit-e2.de/ Nationale Leitstelle (November 22)

- Gestaltungsprämissen Ladesäule

  Ebenfalls auf der Webseite der NOW GmbH sind die vorgeschlagenen 12 Gestaltungsprämissen veröffentlicht.
  https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/02/Wirkkette-Laden_Gestaltungspraemissen-fuer-oeffentliche-Ladestationen.pdf

- Social Media

  - In den sozialen Medien wie LinkedIN wurden Beiträge veröffentlicht die Ergebnisse des Förderprojekts nach außen getragen haben.
  - YouTube Links zu den Reallaborversuchen
    Diese Videos zeigen die Durchführung des Reallaborversuchs anhand von unerfahrenen Probanden bereitgestellt von der Fraunhofer IAO
    - Wirkkette Laden: Einblicke in den Reallaborversuch
    - User Experience an Ladesäulen: Erkenntnisse aus dem Reallaborversuch des Projekts »Wirkkette Laden«

- Ebenfalls ist es erwähnenswert die mit den Stakeholdern geteilten Vorträge (Hamburger Stadtverwaltung, interne Veranstaltung), hier an der Stelle zu nennen. Die beteiligten Konsortialpartner haben an Fachveranstaltungen oder auch internen Mitarbeiterveranstaltungen zur Sensibilisierung der Thematik beigetragen.

- Veröffentlichung Björn Osterkamp im Band *Hamburger Beiträge zum technischen Klimaschutz – 2021* „Optimierung der Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der vollständigen Wirkkette"

Link: https://openhsu.ub.hsu-hh.de/bitstream/10.24405/13947/1/openHSU_13947.pdf

3. Erfolgskontrollbericht

3.1. Beitrag Ergebnis zum Förderziel

Mit dem Projekt unIT-e2 wurde in 02/2022 eine Synchronisation gestartet und auch in 11/2022 nachgehalten, um industrieübergreifende Fragestellungen zum ÖKOSYSTEM Laden möglichst eindeutig und synchron zu beantworten. Erste vielversprechende Ergebnisse und Rückmeldungen aus dem Förderprojekt unIT-e2 und der Gedanke und die Festlegung auf ein gemeinsames ÖKOSYSTEM Laden werden weiterhin als höchst sinnvoll erachtet und konnten bestätigt werden.

Mit dem **BigPicture ÖKOSYSTEM** Laden als Referenz für eine Harmonisierung der Betrachtungsweisen zu sorgen, stößt auf große Zustimmung sowie Anerkennung. Zudem konnte zwischen den Fördergebern (Bundesministerium für Digitales und Verkehr) eine Vereinbarung zur Nutzung des BigPictures ÖSL getroffen werden. Ein aus Sicht des Konsortiums weiterer wichtiger Meilenstein zum aktuellen Förderprojektinhalt mit Hinblick auf die gemeinsame Grundlage der Kommunikation und Problemlösung.

Das Projektergebnis in Relation zu dem erwarteten Ergebnis des Förderaufrufs

Die zu Projektbeginn angestrebten Ergebnisse wurden erzielt. Es wurde eine sektorübergreifende Übersicht des Ökosystems Laden mit allen beteiligten Schnittstellen erstellt. Eine Ladefunktionsübersicht über alle Schnittstellen hinweg nebst Bewertung der Spezifikation sowie eine anfängliche Bewertung der Test- und Reifegrade können als Projekterfolge verbucht werden. Ein Maßnahmenkatalog wurde aus den Erkenntnissen der ausgewerteten Ladefehler erstellt und der Industrie sowie den relevanten Ministerien zur Verfügung gestellt. Auch weitere zukünftige Ladeszenarien wurden im Konsortium behandelt und erarbeitet. Die Ergebnisse der Arbeitspakete sind im Abschnitt 2.1 dargestellt. Auch wenn im Rahmen dieses Projekts die Datengrundlage für die Auswertung der Ladeereignisse begrenzt war, konnten wichtige und wegweisende Ergebnisse erzielt werden und zudem notwendige Anschlussaktivitäten dargestellt werden.

3.2. Wissenschaftliche oder technische Erfolgsaussichten

In diesem Abschnitt werden die erzielten Arbeitsergebnisse, sei es technisch oder wissenschaftlich, näher erläutert. Auch die kontinuierlich im Projekt gesammelten Erkenntnisse aus den Auswertungen und Diskussionen werden hier festgehalten.

Erstmalig wurde in einem Projekt mit derart vielen Partnern aus der Industrie eine wissenschaftliche Auswertung der aufgetretenen Fehler in den Ladevorgängen durchgeführt. Es ist ein Benchmarkprojekt auf nationaler Ebene (wissenschaftlich). Diese Untersuchung soll ein Verständnis über aufgetretene Ladefehler geben, um sie in Zukunft zu vermeiden und/oder zu mindern.

- Potenzielle Maßnahmen aufgezeigt →Umsetzung der Maßnahmen auch direkt im Projekt
    - Änderung der Beschriftung an der Steckern
    - Tausch von defekten Displays an Ladesäulen und/oder Anleitung wie die Freischaltung auch ohne Display durchgeführt werden kann
    - Potenzielles Sicherheitsrisiko bei QR-Codes durch QR-Code-Phishing

- Das Projekt hat den umfangreichen Kontext der unterschiedlichen Systemelemente im Big Picture aufbereitet und deren Zusammenhänge für einen erfolgreichen Ladevorgang erfasst. Gemessen an der Gesamtsystemkomplexität und dem daraus resultierenden Risikos für fehlerhafte Ladevorgänge

sind die erreichten Fehlerquoten als gut zu bewerten. Das Projekt hat aufgezeigt, dass signifikante Verbesserungen nicht durch ein Beheben von offensichtlichen Ursachen erzielt werden können, sondern detaillierte Analysen und die Erstellung von **„Heatmaps“** erfordern. In den nächsten Jahren wird dies zunehmend wichtiger, da sowohl die Anzahl an Marktteilnehmern als auch die Komplexität durch neue Funktionsmerkmale der Ladeschnittstelle signifikant zunimmt.

- Übersicht der Fehler in den Schnittstellen durch ein gemeinsames Verständnis wichtiger Industrievertreter
- Detailbetrachtung Fehler im Feld und Restart des Ladevorgangs
- Grundlagen-Projekt, auf dem weiter aufgebaut werden kann. In weiteren Aktivitäten sollten mehr Daten über eine größere Anzahl von Betreibern und Mobilitätsanbietern gesammelt werden, um fundierte Aussagen über das gesamte Ökosystem treffen zu können und Potentiale für Weiterentwicklungen und Verbesserungen zu identifizieren.

3.3. Ausblick

Im Zuge der Ergebnispräsentation und -diskussion haben sich die Konsortialpartner mit dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr und der NOW GmbH darauf verständigt, weiterführende Anschlussaktivitäten zu initiieren. Hierzu gehört die Errichtung einer neuen sektorübergreifenden Arbeitsgruppe Ökosystem Laden. Ebenso stehen weiterführende Projektansätze im Vordergrund wie bspw. die Umsetzung der Maßnahme zur Vereinheitlichung der Ladefehler in einem Fehlerkatalog, Standardisierung der Roamingprotokolle, Verbreitung der Plug & Charge Funktionalität sowie weiterführende Projekte zum autonomen Laden. Wie im Stufenmodell ersichtlich, wird zwar die Nutzerfreundlichkeit durch Technologien wie Plug & Charge zunehmen, hierdurch die Komplexität zwischen den Backendsystemen im Bereich des Ladens von Elektrofahrzeuges in Zukunft steigen. Daher ist die beschriebene Erweiterung des Wirkkette Laden Ansatzes notwendig, um die an sich nutzerfreundlichen Technologien für eine erfolgreiche Markteinführung zu unterstützen.

3.4. Einhaltung Kosten und Zeitplanung

Die anfänglich geplanten Kostengrenzen wurden eingehalten und nicht überschritten. Die Arbeiten haben direkt mit Bewilligungseingang begonnen.

Das Projekt konnte auf Grund des verzögerten Bewilligungsprozesses nicht wie geplant starten. Somit konnte die Projektarbeit nur mit Zeitversatz vollumfänglich aufgenommen werden. Durch diese Situation und der pandemischen Lage musste die Zeitplanung überarbeitet und einen kostenneutrale Verlängerung beantragt werden. Das aktualisierte Ziel, bis Ende Oktober 2022 alle Arbeitspakete gemäß Antrag abzuschließen, wurde vollumfänglich erfüllt. Der dargestellten unerwarteten inhaltlichen Komplexität des Arbeitsumfangs konnten nicht alle Ergebnisse im gesetzten zeitlichen Rahmen nicht an jeder Stelle in der geplanten Tiefe und Detaillierung erarbeitet werden. An dieser Stelle wird ein kausal auf diesem Förderprojekt aufbauendes Nachfolgeprojekt z.B. Wirkkette Laden 2.0 empfohlen.

4. Referenzen

Globisch, J., Plötz, P., Dütschke, E., & Wietschel, M. (2019). *Consumer preferences for public charging infrastructure for electric vehicles. Transport Policy* .

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur. (2020). *Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf*. Von https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/11/Studie_Ladeinfrastruktur-nach-2025-2.pdf abgerufen

Philipsen, R., Brell, T., Brost, W., Eickels, T., & Ziefle, M. (2018). *Running on empty – Users' charging behavior of electric vehicles versus traditional refueling.*

5. Anhang

- Glossar
- Big Picture
- Dokumenten/Schnittstellenübersicht
- Abschlusspräsentation