

Harmonisierte Systemarchitektur zur Sicherstellung der Interoperabilität im Energiesystem der Zukunft

Ergebnisse der AG Systemarchitektur

Autor:innen: Jeremias Hawran, Daniel Battersby, Philipp Stedem, Adrian Ostermann (alle FfE e.V.), Patrick Vollmuth (FfE GmbH), Annike Abromeit (EEBUS Initiative e.V.)

Einleitung

Im Projekt unIT-e² werden interoperable Lösungen entlang der gesamten Wirkkette erarbeitet, weshalb Partner aus allen Branchen mit Schnittstellen zur Elektromobilität beteiligt sind: Automobilindustrie, Hersteller von Smart-Meter-Gateways (SMGW), Netzbetreiber, Energieversorger, Ladeinfrastrukturhersteller, Aggregatoren, Softwareentwickler, Betreiber von Ladeeinrichtungen und Forschung. Die Schaffung interoperabler Lösungen ohne „Lock-Ins“ oder „Walled Gardens“ fungiert als Türöffner für einen Wettbewerb der Ideen und Dienstleistungen, was eine Grundbedingung für einen erfolgreichen Markthochlauf der Elektromobilität darstellt. Im internationalen Kontext haben die Interoperabilität und eine zielorientierte Standardisierung eine große Bedeutung für den Technologiestandort Deutschland und damit hohe industriepolitische Bedeutung. Ziel der AG Systemarchitektur ist es, hierzu einen Beitrag aus dem unIT-e² Konsortium zu erarbeiten, indem die Verbindung der unterschiedlichen Akteure und Systeme untersucht und eine clusterübergreifende Gesamtarchitektur erarbeitet wird.

unIT-e²

Reallabor für verNETzte E-Mobilität

Ein Konsortium aus 31 Partnern aus Wissenschaft und Praxis arbeitet in vier praxisbezogenen Teilprojekten (Cluster) an unterschiedlichen Lösungen zur Integration der Elektromobilität in das Energiesystem der Zukunft. Begleitet wird das Vorhaben von zwei Forschungsclustern, die sich der Beantwortung clusterübergreifender Forschungsfragen (TP Forschung) und Netzthemen (TP Grid) widmen.

Im Rahmen der AG Systemarchitektur wird clusterübergreifend an einer Darstellung der gesamten projektspezifischen Systemlandschaft gearbeitet. Hierzu wird auf die zuvor erarbeiteten Systemarchitekturen der vier Cluster zurückgegriffen und in einem dreistufigen Verfahren eine projektübergreifende Architektur entwickelt. Im Fokus stehen die im Projekt tatsächlich in den Feldtests erprobten Use Cases. Ausgegebenes Ziel ist die Entwicklung folgender drei Layer:

Layer 1: Akteursebene - Wer ist beteiligt?

Layer 2: Systemebene - Welche Systeme sind beteiligt?

Layer 3: Schnittstellen - Wie interagieren die Systeme?

Diese ermöglichen es auch einem mit der Thematik weniger vertrauten Publikum, ein umfassendes Verständnis der beteiligten Akteure, Komponenten und Schnittstellen zu entwickeln.

Layer 1: Akteursebene - Wer ist beteiligt?

Die in **Abbildung 1** dargestellte Akteursebene der unIT-e²-Gesamtarchitektur konzentriert sich auf die Beschreibung der im Ökosystem beteiligten Akteure und deren Beziehungen untereinander. Sie bietet einen vereinfachten Gesamtüberblick, um den Einstieg in die Thematik zu erleichtern.

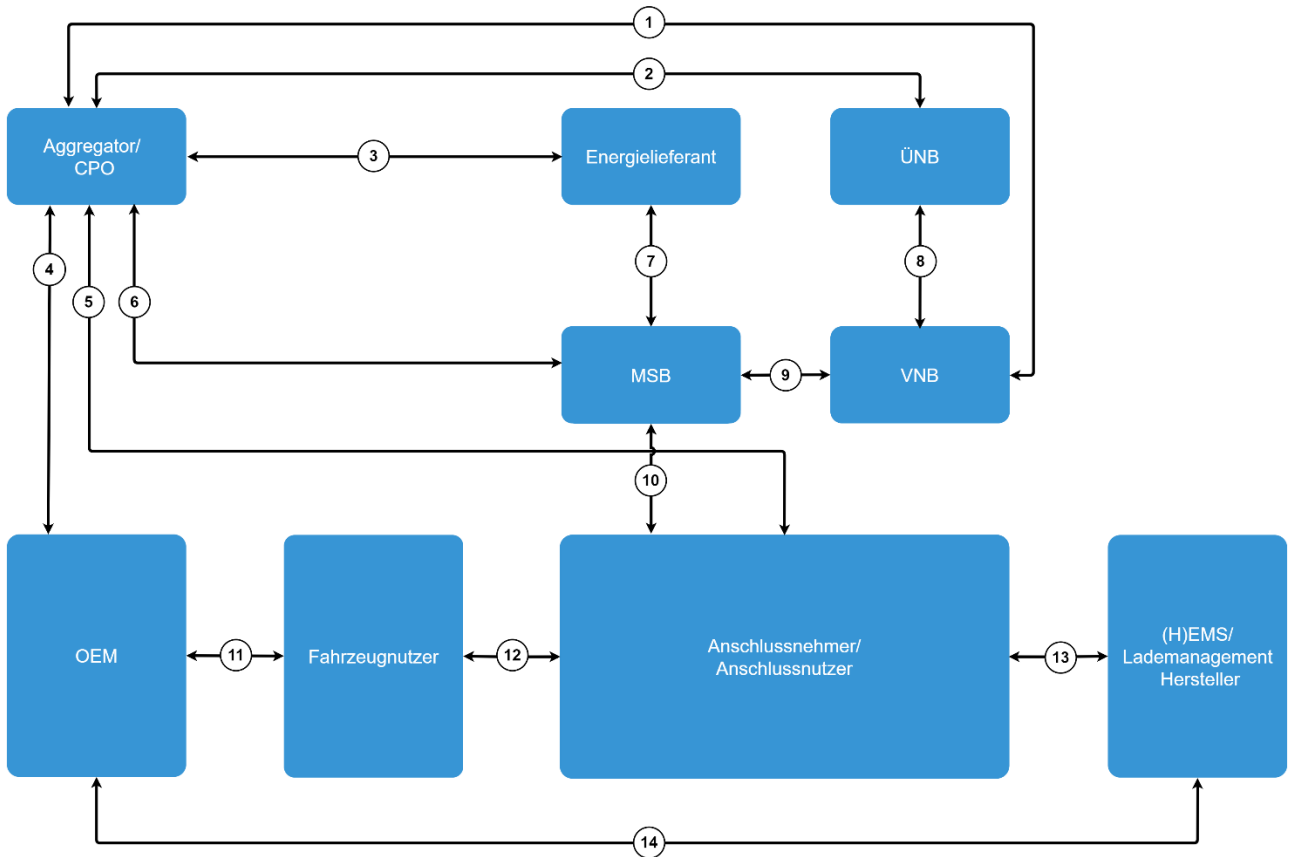


Abbildung 1 - unIT-e² Gesamtarchitektur Layer 1 - Akteursebene

Die beteiligten Akteure sind im Folgenden genauer beschrieben:

(Technischer) Aggregator: Ein Aggregator bündelt flexible Verbraucher (z. B. Haushaltskunden oder Industriekunden) sowie Erzeuger und vermarktet diese als sogenannten Pool

über einen Energielieferanten auf unterschiedlichen Elektrizitätsmärkten.

Anschlussnehmer/-nutzer: Der Anschlussnehmer ist der Eigentümer des Grundstücks oder des Gebäudes, das an das Netz angeschlossen ist. Der Anschlussnutzer ist die

Person, die den Hausanschluss (Stromanschluss) nutzt. Dies kann der Anschlussnehmer sein oder z. B. auch ein Mieter.

Energielieferant: Ein Energielieferant stellt einem Verbraucher, sonstigen Endkunden oder einem Zwischenhändler Energie gegen Entgelt zur Verfügung.

Fahrzeughersteller (OEM/Original Equipment Manufacturer): In der Automobilindustrie wird der Hersteller eines Produkts, das aus vielen einzelnen Bestandteilen zusammengebaut und dann unter eigenem Namen auf den Markt gebracht wird, als OEM bezeichnet. In diesem Fall ist also der Automobilhersteller selbst der OEM.

Fahrzeugnutzer: Der Fahrzeugnutzer ist die Person, die das Elektrofahrzeug nutzt. Es muss sich hierbei weder um den Eigentümer des Fahrzeugs noch um den Anschlussnutzer handeln.

(H)EMS-Hersteller: Hersteller eines Energiemanagementsystems (EMS), das in erster Linie zur Erhöhung der Energieeffizienz dient.

Messstellenbetreiber (MSB): Der Messstellenbetreiber ist verantwortlich für die Installation, die Wartung und den Betrieb von Messstellen/Zählern. Des Weiteren ist dieser für die Erfassung, Aufarbeitung und die Verteilung von Messwerten verantwortlich.

Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB): ÜNB sind Dienstleistungsunternehmen, die für die Infrastruktur und die überregionale Versorgung und Übertragung elektrischer Energie im Höchstspannungsbereich verantwortlich sind.

Verteilnetzbetreiber (VNB): VNB sind wie die ÜNB Dienstleistungsunternehmen und sind für die regionale Versorgung über

Niederspannungs-, Mittelspannungs- und regionale Hochspannungsnetze zuständig.

Die Beziehungen zwischen den Akteuren gestalten sich wie folgt:

1. Aggregator – VNB: Der Aggregator und der Verteilnetzbetreiber (VNB) tauschen gegenseitig Informationen bezüglich Verfügbarkeit von Flexibilitäten und Informationen für die Erbringung von Systemdienstleistungen aus.

2. Aggregator – ÜNB: Der Aggregator und der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) tauschen gegenseitig Informationen bezüglich Verfügbarkeit von Flexibilitäten und Informationen für die Erbringung von Systemdienstleistungen aus.

3. Aggregator – Energielieferant: Der Aggregator und der Energielieferant tauschen Informationen bezüglich Verfügbarkeit und Einsatz der Flexibilitäten sowie bezüglich Abrechnung und Bilanzierung aus.

4. Aggregator – Fahrzeughersteller: Der Aggregator und der Fahrzeughersteller vereinbaren den gegenseitigen Austausch von relevanten Daten bezüglich Fahrzeugzustand und Flexibilitätsbedarfen.

5. Aggregator – Anschlussnehmer/-nutzer: Der Aggregator und der Anschlussnehmer/-nutzer vereinbaren den gegenseitigen Austausch relevanter Informationen.

6. Aggregator – MSB: Der Aggregator und der Messstellenbetreiber (kurz: MSB) sind im Austausch bzgl. Steuersignalen (z. B. Redispatch) und relevanter Messdaten.

7. Energielieferant – MSB: Der Energielieferant und der Messstellenbetreiber tauschen gegenseitig relevante (Mess-)Daten aus.

8. ÜNB – VNB: Der Übertragungsnetzbetreiber und der Verteilnetzbetreiber teilen untereinander Informationen über die Notwendigkeit und Durchführung von Systemdienstleistungsmaßnahmen.

9. MSB – VNB: Der Messstellenbetreiber und der Verteilnetzbetreiber tauschen vertraglich festgelegt Messdaten und gegebenenfalls Netzanforderungen untereinander aus.

10. MSB – Anschlussnehmer/-nutzer: Der Anschlussnehmer/-nutzer übermittelt Messdaten an den Messstellenbetreiber. Der Messstellenbetreiber übermittelt gegebenenfalls Netzvorgaben oder Marktsignale des VNBs an den Anschlussnehmer/-nutzer.

11. OEM – Fahrzeugnutzer: Daten bezüglich Fahrzeugzustand und Ladeanforderungen werden vom Fahrzeugnutzer an den OEM (Fahrzeughersteller) weitergeleitet. Fahrzeugnutzer erhalten im Gegenzug Visualisierungen der übermittelten Daten.

12. Fahrzeugnutzer – Anschlussnehmer/-nutzer: Das Elektrofahrzeug wird vom Fahrzeugnutzer mit der Ladeinfrastruktur beim Anschlussnutzer verbunden, woraufhin ein Austausch von Fahrzeugdaten und Fahrplänen stattfindet. Beim Fahrzeugnutzer und dem Anschlussnehmer/-nutzer kann es sich um dieselbe Person handeln.

13. Anschlussnehmer/-nutzer – (H)EMS-Hersteller: Die durch den Nutzer eingestellten Bedarfsanforderungen am Eigenheim werden mit dem (H)EMS-Hersteller (Home Energy Management System) ausgetauscht.

Praxiscluster Harmon-E

Im Cluster **Harmon-E** steht das harmonische Zusammenspiel des Gesamtsystems im Mittelpunkt. Ziel ist es, die marktoptimierte und gleichzeitig netzdienliche Be- und Entladung von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung von Netzrestriktionen zu realisieren und deren Kundentauglichkeit zu prüfen. Die priorisierten Anwendungsfälle umfassen sowohl netzdienliche als auch marktdienliche Flexibilität, einschließlich der Vermarktung von Flexibilität. Der Fokus liegt auf einer breiten Auswahl an Standorten, wobei unidirektionales Laden im Feld und bidirektionales Laden im Labor getestet werden. Zudem wird die Kombinierbarkeit von markt- und netzdienlicher Flexibilität sowie das Zusammenspiel zwischen Smart Home, Elektrofahrzeug und Wärmepumpe untersucht. Die Feldversuche finden in einer eher ländlichen Region nahe Oldenburg statt, mit Ladeszenarien am Einfamilienhaus und am Arbeitsplatz.

14. OEM - (H)EMS-Hersteller: Fahrzeugdaten des Fahrzeugnutzers werden mit dem (H)EMS-Hersteller ausgetauscht.

Layer 2: Systemebene – Welche Systeme sind beteiligt?

Die in **Abbildung 2** gezeigte Layer 2 legt den Fokus auf die bei den jeweiligen Akteuren beteiligten Systeme.

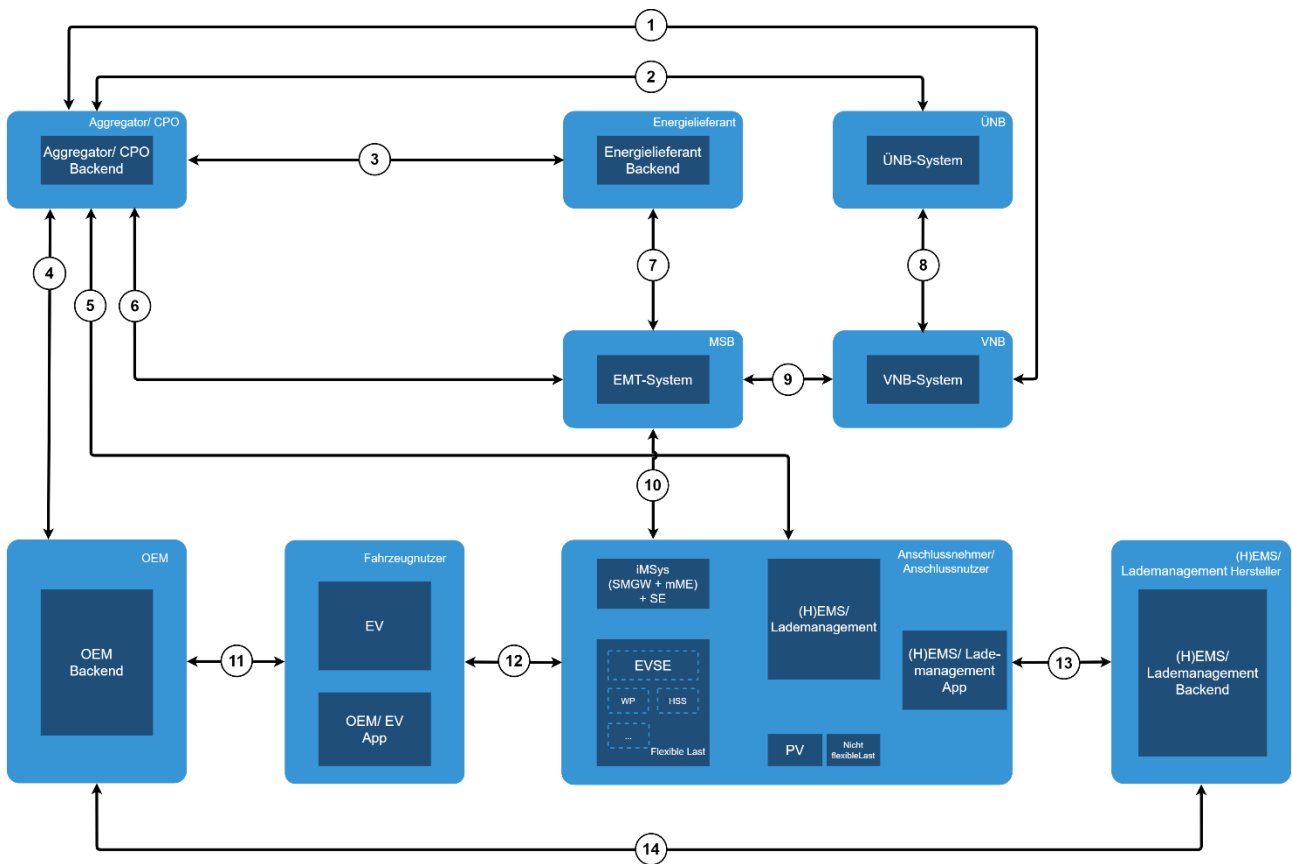


Abbildung 2 - unIT-e² Gesamtarchitektur Layer 2 - Systemebene

Dabei ist zu beachten, dass bei einigen Akteuren die Systeme zu größeren Systemblöcken zusammengefasst wurden (z. B. OEM-Backend, Aggregator / CPO Backend, VNB-System), um nicht eine vollständige Analyse des Systems und eine Beschreibung aller vorhandenen (Micro-)Services vornehmen zu müssen. Eine solche Analyse wäre zudem aufgrund der Heterogenität der Systeme bei unterschiedlichen Projektpartnern nicht zielführend. Die dargestellten Systeme können demnach stellvertretend für eine Vielzahl kleinerer Subsysteme stehen.

In Bezug auf die an der Liegenschaft des Anschlussnehmers / Anschlussnutzers verbauten technischen Komponenten ist hier ein möglicher Aufbau von vielen zu sehen. Abhängig davon, ob es sich bei der Liegenschaft des

Anschlussnehmers / Anschlussnutzers um ein Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus oder einen Gewerbebetrieb handelt, können unterschiedliche Komponenten prävalent sein.

Die einzelnen Systeme erfüllen dabei folgende Aufgaben:

Aggregator-Backend: Das Aggregator-Backend aggregiert Kleinstflexibilitäten zu handelbaren Mengen, handelt diese auf dem Markt und verteilt die entstehenden Gewinne an alle Teilnehmer.

Anschlussnehmer/-nutzer App: Die App (Frontend) ermöglicht den Nutzern, das Strommanagement übersichtlich zu überwachen und gegebenenfalls zu steuern.

EMT-System: Ein externer Marktteilnehmer kann passiv oder aktiv sein. Im aktiven Fall kommuniziert er über ein SMGW und darf aktiv auf Daten zugreifen und Schaltungen durchführen. Im passiven Fall kommuniziert der EMT über ein SMGW, benötigt für aktive Handlungen aber eine Erlaubnis.

Praxiscluster Heav-E

Das Cluster **Heav-E** untersucht in einem großflächigen Feldtest die Auswirkungen einer hohen Elektrofahrzeug-Durchdringung auf das Stromnetz. Dabei werden neue Anreizsysteme für netzdienliches Laden und geeignete Kommunikationsstandards getestet. Die priorisierten Anwendungsfälle beinhalten die Anpassung des Ladeverhaltens durch Preissignale und die direkte Steuerung durch das Netz. Der Fokus liegt auf standortunabhängigem Laden, dem Nutzerverhalten und der Entwicklung von Anreizsystemen. Die Feldversuche finden in einer eher ländlichen Region in und um Baunatal bei Kassel statt, mit Ladeoptionen am Einfamilienhaus, am Arbeitsplatz und im öffentlichen Raum.

Energielieferanten-Backend: Im Backend des Energielieferanten werden relevante Daten zur Angebots- und Verbrauchsoptimierung, Abrechnung usw. gesammelt und verarbeitet.

EV: Elektrofahrzeug (engl.: Electric Vehicle).

Fahrzeugnutzer-App: Die Fahrzeugnutzer App ermöglicht dem Verbraucher eine Übersicht über relevante Informationen und Steuerungsmöglichkeiten.

Flexible Last EV/EVSE: Ein Ladepunkt (engl.: Electric Vehicle Supply Equipment/EVSE) ist die Vorrichtung, um ein einzelnes Elektrofahrzeug (engl. Electric Vehicle/EV) zu laden und lässt sich häufig flexibel steuern.

Flexible Last HSS: Ein Home Storage System (HSS) dient als lokaler Energiespeicher, meist in Form einer Batterie, und ist flexibel be- und entladbar.

Flexible Erzeugung PV: Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) erzeugen Strom aus Sonnenlicht.

Flexible Last WP: Eine Wärmepumpe erzeugt effizient Wärme aus Strom und lässt sich als flexible Last steuern.

(H)EMS-Backend: Beinhaltet die Regelungen, Algorithmen und Daten zur optimalen Steuerung über das (H)EMS.

(H)EMS/Lademanagement: Ein (Home) Energy Management System steuert und optimiert steuerbare Komponenten wie EV/EVSE, Wärmepumpen, Batteriespeicher und PV.

Intelligentes Messsystem (iMSys): Das intelligente Messsystem besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: einer modernen Messeinrichtung (mME) und einem Smart-Meter-Gateway (SMGW). Neben der Erhebung und Versendung von Messdaten bietet die iMSys-Architektur die Möglichkeit, über einen (transparenten) Kanal Schaltbefehle zu übermitteln und sogenannte „Controllable Local Systems“, kurz CLS (etwa Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen, oder Ladestationen) bedarfsgerecht zu steuern.

Moderne Messeinrichtung (mME): Die mME ist eine Messeinrichtung, die den tatsächlichen Elektrizitätsverbrauch und die tatsächliche

Nutzungszeit erfasst und über ein SMGW sicher in ein Kommunikationsnetz eingebunden werden kann.

Nicht flexible Last: Unter nicht flexibler Last werden Komponenten verstanden, deren Stromproduktion/-verbrauch nicht steuerbar ist.

OEM-Backend: Im OEM-Backend werden fahrzeugrelevante Daten vom Fahrzeughersteller gesammelt und verarbeitet.

Smart-Meter-Gateway (SMGW): Das SMGW erhebt, verarbeitet und übermittelt die Messwerte der modernen Messeinrichtungen.

ÜNB-System: Durch das ÜNB-System wird die überregionale Stromübertragung im Höchstspannungsbereich geregelt.

VNB-System: Durch das VNB-System wird die regionale Stromversorgung geregelt.

Layer 3: Schnittstellen – Wie interagieren die Systeme?

Die in der AG Systemarchitektur erarbeitete unIT-e²-Gesamtarchitektur (**Abbildung 3**) mit ihren Akteuren, Komponenten und Schnittstellen erlaubt die Umsetzung einer Vielzahl von Use Cases, die von den Partnerunternehmen in den vier Praxisclustern Harmon-E, Heav-E, Sun-E und Cit-E-Life in verschiedenen Feldversuchen umgesetzt und erprobt worden sind.

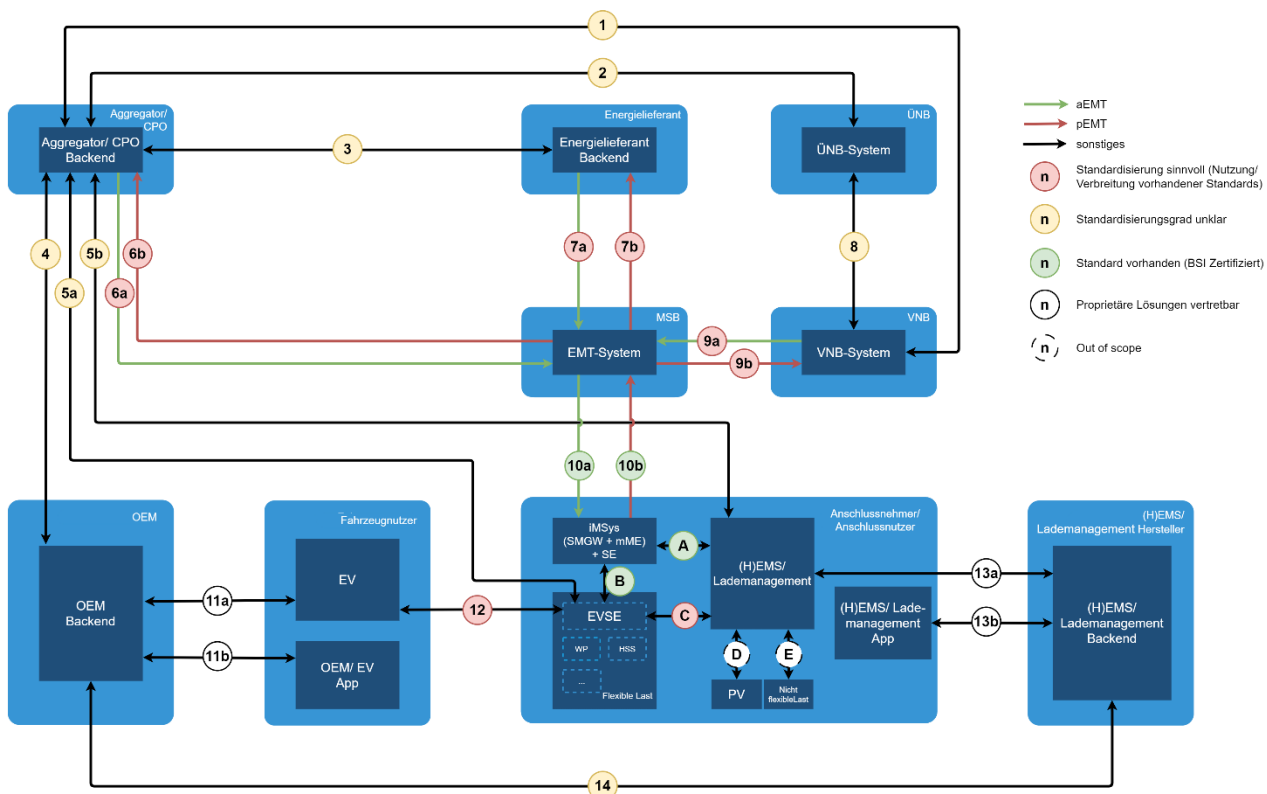


Abbildung 3 unIT-e² Gesamtarchitektur Layer 3 - Schnittstellen

Die einzelnen Schnittstellen lassen sich über eine operative Schnittstellenbeschreibung in

ihrer Funktion entsprechend definieren (vgl. [Tabelle 1](#)).

Tabelle 1 - unIT-e² Gesamtarchitektur Layer 3 - Operative Schnittstellenbeschreibung

Nr.	Beschreibung
1	Der Aggregator und der Verteilnetzbetreiber (VNB) tauschen gegenseitig Informationen bezüglich Verfügbarkeit von Flexibilitäten und Informationen für die Erbringung von Systemdienstleistungen aus.
2	Der Aggregator und der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) tauschen gegenseitig Informationen bezüglich Verfügbarkeit von Flexibilitäten und Informationen für die Erbringung von Systemdienstleistungen aus.
3	Der Aggregator und der Energielieferant tauschen Informationen bezüglich Verfügbarkeit und Einsatz der Flexibilitäten sowie bezüglich Abrechnung und Bilanzierung aus.
4	Der Aggregator und der Fahrzeughersteller vereinbaren den gegenseitigen Austausch von relevanten Daten bezüglich Fahrzeugzustand und Flexibilitätsbedarfen. Je nach Umsetzung kann der Fahrzeughersteller Ladepläne zum Steuern des Ladevorgangs entgegennehmen und an das Fahrzeug (EV) weiterleiten.
5a	Der Aggregator/CPO hat direkten Zugriff auf die EVSE des Anschlussnehmers/-nutzers. Er kann Ladevorgänge steuern, abrechnen und die EVSEs verwalten.
5b	Der Aggregator/CPO hat Zugriff auf das (H)EMS/ Lademanagement und kann für die Optimierung nötige Informationen liefern und empfangen.
6a	Aus dem EMT-System heraus wird ein transparenter (verschlüsselter) Kommunikationskanal in die Liegenschaft des Anschlussnehmers aufgebaut (siehe 10a). Der Aggregator sendet bspw. Fahrpläne über diesen Kanal an die Steuereinrichtung (SE) des iMSys.
6b	Der Aggregator kann die aus dem iMSys übertragenen Energie- und Netzzustandsdaten abrufen.
7a	Aus dem EMT-System heraus wird ein transparenter (verschlüsselter) Kommunikationskanal in die Liegenschaft des Anschlussnehmers aufgebaut (siehe 10a). Der Energielieferant kann diesen Kanal nutzen, um Preisinformationen in die Liegenschaft des Anschlussnehmers zu übertragen.
7b	Der Energielieferant kann die aus dem iMSys übertragenen Energie- und Netzzustandsdaten abrufen.
8	Der Übertragungsnetzbetreiber und der Verteilnetzbetreiber teilen untereinander Informationen über die Notwendigkeit und Durchführung von Systemdienstleistungsmaßnahmen.
9a	Aus dem EMT-System heraus wird ein transparenter (verschlüsselter) Kommunikationskanal in die Liegenschaft des Anschlussnehmers aufgebaut (siehe 10a). Der Netzbetreiber kann diesen Kanal nutzen um bspw. Leistungslimits (§ 14a EnWG) in die Liegenschaft des Anschlussnehmers zu übertragen.
9b	Der VNB kann die aus dem iMSys übertragenen Energie- und Netzzustandsdaten abrufen.

10a	Aus dem EMT-System heraus wird ein transparenter (verschlüsselter) Kommunikationskanal in die Liegenschaft des Anschlussnehmers aufgebaut. Dritte können diesen Kanal nutzen, um Informationen in die Liegenschaft des Anschlussnehmers zu übertragen (vgl. 6a, 7a, 9a).
10b	Relevante Energie- & Netzzustandsdaten (z. B. TAF7, TAF10) werden aus dem iMSys an das EMT-System übertragen und von dort aus an die relevanten Stakeholder weitergeleitet.
11a	Fahrzeug (EV) und OEM-Backend tauschen Fahrzeug- und Nutzerdaten (z. B. Abfahrzeit, aktueller SoC, Ziel SoC) aus. Je nach Umsetzung kann der Ladevorgang des Fahrzeugs aus dem OEM-Backend gesteuert werden.
11b	Dem Fahrzeugnutzer werden Fahrzeugzustandsdaten angezeigt. Einstellungen des Fahrzeugs können vorgenommen werden.
12	Ladestation (EVSE) und Fahrzeug (EV) kommunizieren die für die Ladevorgänge und evtl. Abrechnung relevanten Informationen.
13a	Informationen aus der Liegenschaft werden an das (H)EMS/Lademanagement-Backend (z. B. zur Visualisierung oder für Forecasting-Zwecke) übertragen. Informationen zur Konfiguration und Steuerung werden an das (H)EMS/ Lademanagement-Backend gesendet.
13b	Informationen aus dem (H)EMS/ Lademanagement werden dem Nutzer über eine App und das Backend zur Verfügung gestellt. Der Nutzer kann über die App und das Backend eine Konfiguration des (H)EMS/ Lademanagement vornehmen.
14	Fahrzeugdaten des Fahrzeugnutzers werden mit dem (H)EMS-Hersteller ausgetauscht. Denkbar ist auch, dass Ladepläne über das OEM-Backend an das Fahrzeug (EV) gesendet werden.
A	Die der Steuerungseinrichtung / CLS-Komponente bereitgestellten Informationen (z. B. Netzzustands- & Energiewerte, Leistungslimit, Preissignale, etc.) werden mit dem (H)EMS/ Lademanagement ausgetauscht.
B	Steuerbare Verbrauchseinrichtungen können direkt über die Steuerungseinrichtung / CLS-Komponente gesteuert werden.
C	(H)EMS/Lademanagement und EVSE tauschen zur Steuerung des Ladevorgangs relevante Informationen aus.
D	Out of Scope
E	Out of Scope

Mit der technischen Schnittstellenbeschreibung wird die Architektur weiter definiert. Durch die Empfehlung passender

Standards und Normen wird zudem die Interoperabilität zwischen den Komponenten gewährleistet (vgl. [Tabelle 2](#))

Tabelle 2 - unIT-e² Gesamtarchitektur Layer 3 -Technische Schnittstellenbeschreibung

Nr.	Von	Zu	Standards
1	Aggregator-Backend	VNB-System	z. B. REST API, MQTT, MAKO
2	Aggregator-Backend	ÜNB-System	z. B. REST API, MQTT, MAKO
3	Aggregator-Backend	Energielieferant Backend	z. B. REST API, MQTT, MAKO, IEC 104 Protocol
4	Aggregator-Backend	OEM-Backend	z. B. REST API, MQTT,
5a	Aggregator/CPO-Backend	EVSE	z. B. OCPP
5b	Aggregator/CPO-Backend	(H)EMS/ Lademanagement	z. B. REST API, MQTT
6a	Aggregator/CPO-Backend	EMT-System	z. B. MAKO, BDEW-WEB-API, IEC 61850
6b	EMT-System	Aggregator/CPO-Backend	z. B. MAKO, BDEW-WEB-API, IEC 61850, BSI TR-03109-1 (TAF7 & TAF10), IEC 62056 (OBIS)
7a	Energielieferant Backend	EMT-System	z. B. MAKO, BDEW-WEB-API, IEC 61850
7b	EMT-System	Energielieferant Backend	BSI TR-03109-1 (TAF7 & TAF10), IEC 62056 (OBIS)
8	ÜNB-System	VNB-System	-
9a	VNB-System	EMT-System	BDEW-Web-API
9b	EMT-System	VNB-System	BSI TR-03109-1 (TAF7 & TAF10), IEC 62056 (OBIS)
10a	EMT-System	iMSys (SMGW + mME) + CLS	CLS.EEDI, IEC 61850, BSI TR-03109-1, BSI TR-03109-4 BSI TR-03109-6, BSI-CC-PP-0073
10b	iMSys (SMGW + mME)	EMT-System	WKS3 (Info Report), BSI TR-03109-1 (TAF7 & TAF10), IEC 62056 (OBIS)
11a	EV	OEM-Backend	z. B. REST API, MQTT, ISO 20078-1:2021-11
11b	OEM-Backend	OEM-APP	z. B. REST API, MQTT, ISO 20078-1:2021-11
12	EV	EVSE	z. B. ISO 15118-2, ISO 15118-20

13a	(H)EMS/ Ladema-nagement)	(H)EMS/ Ladema-nagement-Backend	z.B. REST API, MQTT
13b	(H)EMS/Ladema-nagement-Backend	(H)EMS/Ladema-nagement App	z.B. REST API, MQTT
14	OEM-Backend	(H)EMS/Ladema-nagement Backend	z.B. REST API, MQTT, ISO 20078-1:2021-11
A	iMSys (SMGW + mME) + CLS	(H)EMS/Ladema-nagement	IEC 62746-2, EEBUS (AR 2829-6), BSI TR-03109-5
B	iMSys (SMGW + mME) + CLS	EVSE	EEBUS (AR 2829-6), BSI TR-03109-5
C	EVSE	(H)EMS/Ladema-nagement	IEC 63380, AR 2122-1000 = EEBUS (AR 2829-6)
D	(H)EMS/Ladema-nagement	PV	Out of Scope
E	Nicht flexible Last	(H)EMS/Ladema-nagement	Out of Scope

Die Use Cases lassen sich clusterübergreifend zunächst einmal in zwei grundsätzlich verschiedene Umsetzungsvarianten, die direkte Steuerung aus der Cloud und die Steuerung über das iMSys bestehend aus Smart Meter Gateway (SMGW), Steuerungseinrichtung (SE) und moderner Messeinrichtung (mME) unterscheiden. Beide Umsetzungsvarianten ermöglichen ähnliche Use Cases, wobei bei der Steuerung durch Netzbetreiber entsprechende Einschränkungen (z. B. § 19 MsBG i.V.m § 34 MsBG) bei der Umsetzung von Steuerungseingriffen durch Netzbetreiber zu berücksichtigen sind.

Use Cases, die über eine direkte Steuerung aus der Cloud durch die Cluster umgesetzt wurden, sind beispielsweise CO₂-optimiertes Laden, Anpassung des Ladeverhaltens durch direkte Steuerung aber auch Anpassung des Ladeverhaltens durch Preissignale.

Use Cases, die durch eine Steuerung über das iMSys umgesetzt wurden, beinhalten neben preisoptimiertem Laden die netzdienliche Steuerung (z. B. § 14 a EnWG) und die Erbringung von Systemdienstleistungen (z. B. Redispatch, Primärregelleistung).

Darüber hinaus sind in beiden Fällen lokale Optimierungen (z. B. PV-Eigenverbrauchsoptimierung, Spitzenlastkappung) denkbar.

Aus der unIT-e² Gesamtarchitektur lassen sich die für die jeweiligen Use Cases nötigen Subarchitekturen ableiten, die unter sysarc.ffe.de genauer betrachtet werden können.

Direkte Steuerung aus der Cloud - CO₂-Optimiertes Laden und Anpassung des Ladeverhaltens durch direkte Steuerung/Preissignale

Eine mögliche Umsetzung der Use Cases erfolgt über eine Direktsteuerung der Ladeeinrichtung

(EVSE) aus den Cloud-Systemen eines Charge-Point-Operators (CPO) (**Abbildung 4**). Diese Lösung eignet sich besonders für Liegenschaften, an denen eine Vielzahl an Ladepunkten zentral gesteuert und verwaltet werden soll, oder an Liegenschaften, an denen keine iMSys-Infrastruktur verbaut ist oder verbaut werden kann.

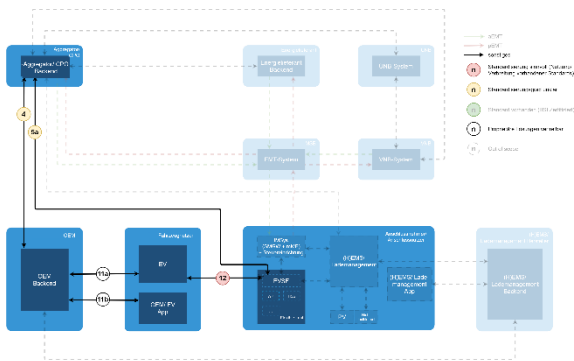


Abbildung 4 - unIT-e² Gesamtarchitektur - direkte Steuerung aus der Cloud

Preisoptimiertes Laden – Zeitvariable Tarife über SMGW, Steuerungseinrichtung und EMT

Für die Umsetzung von preisoptimiertem Laden ist es notwendig, entsprechende Preissignale in die Liegenschaft zu übermitteln. Hierbei sind zwei unterschiedliche Ansätze denkbar, wenn bei der Umsetzung auf ein iMSys zurückgegriffen werden kann bzw. soll.

1. Preissignale von Energielieferanten über EMT

Eine Möglichkeit besteht darin, dass der Energielieferant die nötigen Preissignale über das EMT-System und die damit verbundene iMSys-Infrastruktur (SMGW und Steuerungseinrichtung) an ein (H)EMS bzw. Lademanagement in die Liegenschaft übermittelt (**Abbildung 5**).

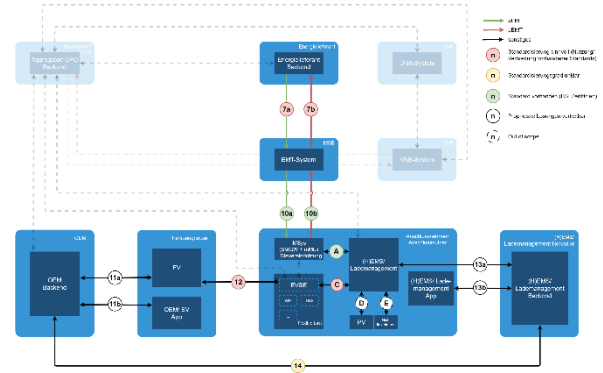


Abbildung 5 - unIT-e² Gesamtarchitektur - preisoptimiertes Laden: Energielieferant über EMT

2. Preissignale von Aggregator über EMT

Alternativ können die Preissignale von einem Aggregator in die Liegenschaft übertragen werden. Hierbei wird ebenfalls auf das EMT-System und die iMSys-Infrastruktur zurückgegriffen (**Abbildung 6**).

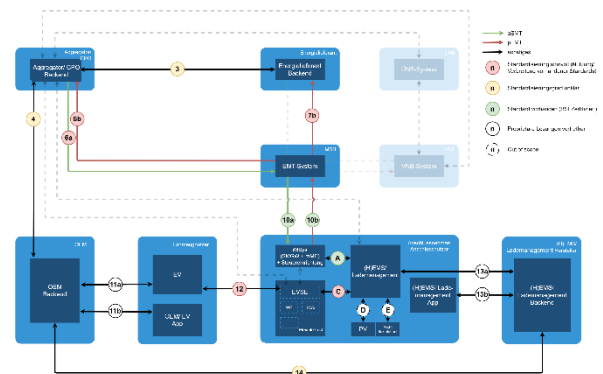


Abbildung 6 - unIT-e² Gesamtarchitektur - preisoptimiertes Laden: Aggregator über EMT

Lokale Optimierung – Spitzenlastkappung, PV-Eigenverbrauchsoptimierung

Sollen Use Cases hauptsächlich behind-the-meter - sprich lokal in der Liegenschaft - umgesetzt werden, vereinfacht sich die Kommunikation zu den Akteuren der Energiewirtschaft. Lediglich eine Datenübertragung zu Abrechnungszwecken kann über das iMSys- und EMT-System in

Richtung Energielieferant erfolgen. Alle weiteren Optimierungen laufen lokal (**Abbildung 7**).

Use Cases, die in diesem Stil in unIT-e² umgesetzt wurden, sind beispielsweise Peak-Shaving und PV-Eigenverbrauchsoptimierung.

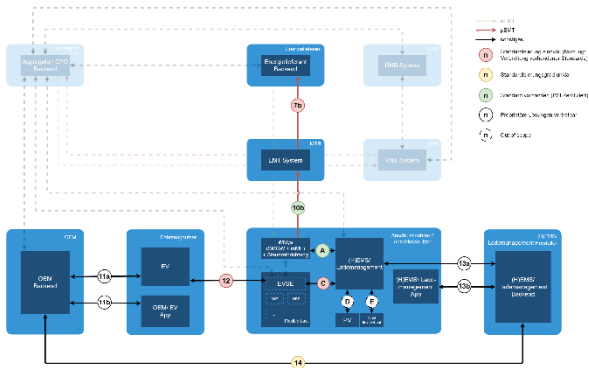


Abbildung 7 - unIT-e² Gesamtarchitektur - lokale Optimierung

Netzdienliche Steuerung – Leistungslimitierung (§14 a EnWG) über SMGW, Steuerungseinrichtung und EMT

Sollen z. B. zur Vermeidung von Netzengpässen (§ 14 a EnWG) Steuerungseingriffe in steuerbare Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) durch den (Verteil-) Netzbetreiber umgesetzt werden, kann die Steuerung der SteuVE sowohl zentral über ein (H)EMS bzw. Lademanagement erfolgen, aber auch direkt an die SteuVE gerichtet sein.

1. Steuerung über (H)EMS/Lademanagement

Bei der Umsetzung der Leistungslimitierung über ein (H)EMS bzw. Lademanagement kann die verfügbare netzwirksame Leistung auf eine oder mehrere SteuVE priorisiert verteilt werden. Zudem können lokale Optimierungen (z. B. PV-Eigenverbrauchsoptimierung) erfolgen. Die

verfügbare Leistung kann somit möglichst effizient ausgenutzt werden (**Abbildung 8**).

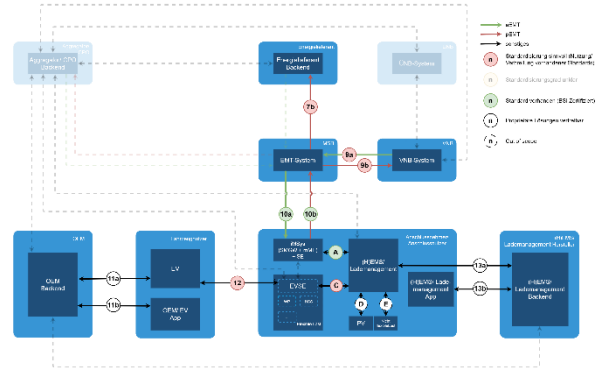


Abbildung 8 - unIT-e² Gesamtarchitektur - netzdienliche Steuerung über EMS

2. Direktsteuerung

Bei der Direktsteuerung der SteuVE durch den (Verteil-) Netzbetreiber steht jeder SteuVE nur die garantierte Leistung zur Verfügung. Die Priorisierung einer SteuVE durch Anheben der netzwirksamen Leistung bei gleichzeitigem Absenken der netzwirksamen Leistung einer weiteren SteuVE unter Einhaltung der insgesamt erlaubten netzwirksamen Leistung ist dabei im Gegensatz zu einer Steuerung über ein (H)EMS bzw. Lademanagement nicht möglich (**Abbildung 9**).

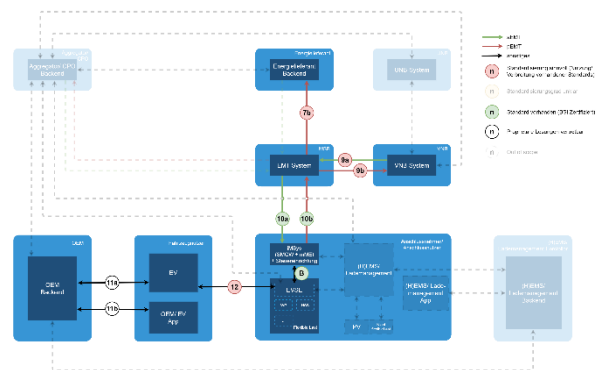


Abbildung 9 - unIT-e² Gesamtarchitektur - netzdienliche Steuerung: Direktsteuerung

Systemdienstleistungen – Redispatch oder Primärregelleistung über SMGW, Steuerungseinrichtung und EMT

Die entwickelten Lösungen erlauben zudem die Erbringung von Systemdienstleistungen (z. B. Redispatch oder Primärregelleistung) (**Abbildung 10**).

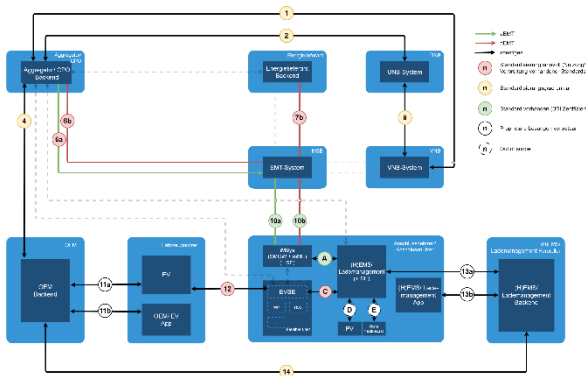


Abbildung 10 - unIT-e² Gesamtarchitektur - Systemdienstleistungen

In unIT-e² wurden in diesem Zusammenhang die technischen Lösungen erprobt, mit denen zukünftig Flexibilitäten (z. B. EVs) durch den Aggregator auf entsprechenden Marktplätzen an die Netzbetreiber vermarktet werden könnten. Das jeweilige Steuersignal zur Erbringung der Systemdienstleistung kann dabei über das EMT-System an das iMSys und damit an das (H)EMS/Lademanagement übermittelt werden. Das (H)EMS/Lademanagement setzt das Steuersignal entsprechend behind-the-meter um.

Abgleich der unIT-e² Gesamtarchitektur mit der Systemarchitektur von Wirkkette Laden

Zur Sicherstellung der Interoperabilität sind Systemarchitekturen von großer Bedeutung. Diese Architekturen erlauben eine reibungslose Integration und effiziente Zusammenarbeit innerhalb der Projektgrenzen. Um jedoch den

größtmöglichen gesellschaftlichen Nutzen zu erzielen, ist es unerlässlich, dass diese Architekturen nicht isoliert bleiben. Stattdessen sollten sie so gestaltet sein, dass sie in bestehende Systemlandschaften eingebunden werden können. Eine solche Einbindung ermöglicht es, Synergien mit bestehenden Lösungsansätzen aus anderen Forschungsprojekten zu schaffen und die allgemeine Harmonisierung der Systeme zu fördern.

Praxiscluster Sun-E

Das Cluster Sun-E ist ein süddeutsches Projektcluster, das seinen Namen aus der Verbindung von Elektromobilität und Photovoltaik-Stromerzeugung ableitet. Im Spannungsfeld zwischen netz- und markt-dienlichen Ladestrategien wird die Entwicklung kundenorientierter Lösungen priorisiert. Die wichtigsten Anwendungsfälle umfassen die Optimierung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikanlagen sowie die netzdienliche Steuerung gemäß regulatorischen Vorgaben. Der Fokus liegt auf dem Laden am Eigenheim mit Synergieeffekten für Kunden, der Erprobung serien-naher technischer Lösungen und der Bereitstellung von Primärregelleistung durch Elektrofahrzeuge. Die Feldversuche finden in einer ländlichen Region in Bayern statt.

Um diesen Anspruch zu erfüllen, wird die Gesamtarchitektur des Projekts „unIT-e²“ mit der Systemarchitektur des Projekts „Wirkkette Laden“ (vgl. **Abbildung 11**) abgeglichen. Der erste Schritt dieses Abgleichprozesses beinhaltet eine Zuordnung der Schnittstellen, um die

Verknüpfungen und Interaktionen zwischen den beiden Systemen zu analysieren. Diese Schnittstellenanalyse ist entscheidend, um Überschneidungen und Unterschiede zwischen den Architekturen zu identifizieren. Die Ergebnisse dieser Zuordnung sind in **Abbildung 12** dargestellt.

Praxiscluster Cit-E-Life

Das Cluster **Cit-E-Life** erweitert die unIT-e² Projektstruktur durch Feldtests im urbanen Raum. Dabei werden speziell die Herausforderungen komplexer Eigentumsstrukturen entlang der Prozesskette zwischen Automobil- und Energiewirtschaft untersucht. Die priorisierten Anwendungsfälle umfassen die Leistungsvorgabe am Netzanschlusspunkt sowie das Gebäudemanagement. Der Fokus liegt auf dem Laden in Stadtgebieten, insbesondere am Mehrparteienhaus, wobei verschiedene Anlagen und Messtechniken im Gebäudemanagement berücksichtigt werden. Die Feldversuche finden im städtischen Raum von München statt, mit besonderem Augenmerk auf das Laden an Mehrparteienhäusern.

Nach der Zuordnung werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Systemarchitekturen analysiert. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei auf potenzielle Differenzen gelegt, die zu Interoperabilitätsproblemen führen könnten. Ziel ist es, die Architekturen so zu gestalten, dass sie eine kohärente Einbettung in die bestehende Systemlandschaft ermöglichen und somit die Effizienz und den Nutzen

zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsinitiativen steigern.

Während die Architekturen sich in großen Teilen überschneiden und eine Vielzahl von gemeinsamen Schnittstellen aufweisen (vgl. **Abbildung 12**), sind bei genauerer Betrachtung eine Reihe von Unterschieden identifiziert worden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Architekturen von unIT-e² und Wirkkette Laden liegt in der Abwesenheit bestimmter Akteure und Komponenten in der unIT-e²-Architektur. Insbesondere fehlen in unIT-e² Akteure und Komponenten wie der MSP-App, der Zahlungsdienstleister, die Ad-hoc-Bezahl-App. Diese Unterschiede weisen darauf hin, dass die unIT-e²-Architektur in ihrem Umfang und ihrer Ausrichtung bestimmte Aspekte des Zahlungs- und Kommunikationsökosystems nicht berücksichtigt, die in Wirkkette Laden integriert sind. Zudem zeigt sich eine weitere Besonderheit: In unIT-e² kann der Aggregator gleichzeitig die Funktion des Betreibers des Fahrzeughersteller-Backends übernehmen, was eine flexible Rollenverteilung innerhalb der Architektur ermöglicht und sich von der Struktur in Wirkkette Laden unterscheidet, wo diese Funktionen separater ausgewiesen sind.

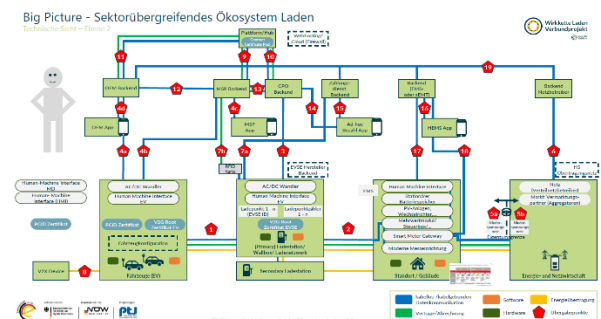


Abbildung 11 - Big Picture - Sektorübergreifendes Ökosystem Laden [1]

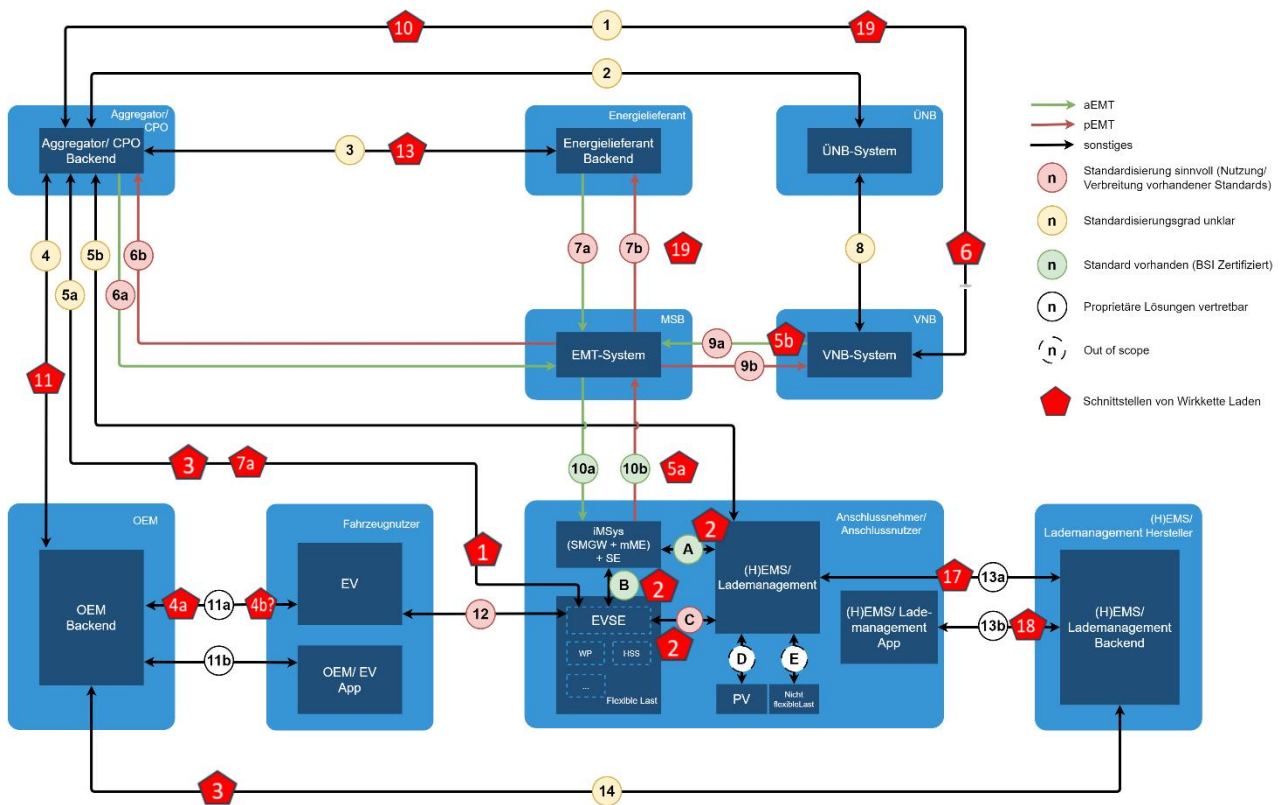


Abbildung 12 - Zuordnung der Schnittstellen von Wirkkette Laden und der unIT-e² Gesamtarchitektur

Der Vergleich zwischen der unIT-e²-Gesamtarchitektur und der Architektur von Wirkkette Laden zeigt, dass trotz einer Vielzahl gemeinsamer Schnittstellen und Überschneidungen einige Unterschiede bestehen. Diese Unterschiede betreffen sowohl die Einbindung spezifischer Akteure und Komponenten als auch die Flexibilität in der Rollenverteilung innerhalb der Systeme. Für eine vollständige Harmonisierung muss auch in Zukunft daran gearbeitet werden, die bestehenden Unterschiede anzugleichen, um eine nahtlose Interoperabilität zu gewährleisten. Eine solche Anpassung ermöglicht es, die Architekturen besser in bestehende Systemlandschaften zu integrieren und zudem ein zukunftsfähiges Energiesystem zu gestalten.

Abgleich der unIT-e² Gesamtarchitektur mit der Systemarchitektur der „Coalition of the Willing on Bidirectional Charging“

Ein Vergleich der Systemarchitektur der European Working Group 1 “Car Charging and Aggregators” und der European Working Group 2 “Energy and Grid Topics” der “Coalition of the Willing on Bidirectional Charging” [2] weist größtenteils Übereinstimmung mit der unIT-e² Gesamtarchitektur auf. Eine Harmonisierung scheint daher in großen Teilen bereits gegeben zu sein.

Hinweis

Bei diesem Dokument handelt es sich um eine Zusammenfassung aller von der AG Systemarchitektur im Forschungsprojekt "unIT-e² - Reallabor für verNETZte E-Mobilität" erarbeiteten Ergebnisse. Einige der hier wiedergegebenen Textpassagen wurden bereits an anderer Stelle veröffentlicht.

Einleitung zuerst veröffentlicht in [3]

Layer 1: Akteursebene - Wer ist beteiligt? zuerst veröffentlicht in [3]

Layer 2: Systemebene - Welche Systeme sind beteiligt? zuerst veröffentlicht in [3]

Darüber hinaus sind die Inhalte dieses Dokuments auch auf der Website sysarc.ffe.de dargestellt.

Literatur

- [1] Kaufung, André: Projekt Wirkkette Laden - Abschlussbericht v2.6. Berlin: Charging Interface Initiative (CharIN) e.V., 2023.
- [2] Funke, Alexander: JOINT REPORT - by European Working Group 1 "Car Charging and Aggregators" and European Working Group 2 "Energy and Grid Topics" in the "Coalition of the Willing on Bidirectional Charging". Berlin: BMWK, 2024.
- [3] Köppl, Simon: unIT-e² Praxisbericht - Einblick in die Umsetzung. München: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2023.