

Interoperabilität im Energiesystem der Zukunft

Erkenntnisse aus dem unIT-e² Plugfest

Autor:innen: Patrick Vollmuth, Jeremias Hawran, Adrian Ostermann, (FfE), Fabian Krug (Viessmann Climate Solutions SE), Marius Boldt, Annike Abromeit (EEBus Initiative e.V.), Carina Behringer (PPC AG)

Mit zunehmender Elektrifizierung des Verkehrssektors gewinnt das intelligente, gesteuerte Laden von Elektrofahrzeugen (EV) eine immer größere Bedeutung. Um EVs möglichst effizient und unter Einhaltung gegebener Restriktionen zu nutzen, sind neben den elektrischen Verbindungen auch digitale Kommunikationskanäle zwischen einer Vielzahl verschiedener, technischer Komponenten herzustellen. Eine Vielzahl an einzelnen Systemen muss miteinander digital agieren können, damit das Gesamtsystem für intelligentes Laden funktioniert.

Um nutzerfreundliche Gesamtsysteme zu gewährleisten, ist sogenannte **Interoperabilität zwischen den Systemen** zwingende Voraussetzung. Interoperabilität bedeutet, dass einzelne technische Komponenten im Gesamtsystem ausgetauscht werden können, ohne dass die Funktionalität des Gesamtsystems beeinträchtigt wird. Die Nutzung geeigneter und idealerweise ausgereifter, verbreiteter Standards ist dafür eine der Grundvoraussetzungen.

Mit dem **unIT-e² Plugfest** wurde Interoperabilität für unterschiedliche technische Gesamtsysteme getestet. Die getesteten Systeme und Komponenten entstammen aus den verschiedenen Umsetzungsclustern im **Projekt unIT-e²**, das marktorientierte und netzdienliche Use Cases des intelligenten Ladens untersucht.

Interoperabilität verschiedener Schnittstellen kann unterschiedliche Reifegrade aufweisen.

Das **Level of Conceptual Interoperability Model (LCIM)** dient als Maßstab der Austauschbarkeit von technischen Komponenten. Es beschreibt die Reifegrade der Interoperabilität in sieben Abstufungen. Ein System mit **Level 0 ist nicht interoperabel**. Ein System mit **Level 6 ist vollständig interoperabel**. Weisen die digitalen Schnittstellen (Interfaces) ein gemeinsames Referenzmodell (z.B. OSI oder TCP/IP) auf, kann von **Level 3 (semantischer) Interoperabilität** ausgegangen werden. Können die übertragenen Daten richtig verarbeitet werden, hat ein System **Level 4 (pragmatischer) Interoperabilität** erreicht. Führt das System mit den empfangenen Daten die gewünschten Handlungen aus, wird von **Level 5 (dynamische) Interoperabilität** gesprochen.

Die Interoperabilität zwischen den in den vier unIT-e² Umsetzungsclustern *Harmon-E*, *Heav-E*, *Sun-E* und *Cit-E-Life* entwickelten und in Feldtests erprobten Systemen wurde bis LCIM Level 3 über einen Fragebogen gemessen, der die Schnittstellen auf gemeinsame Referenzmodelle hin untersucht. Die Interoperabilität der Level 4 und 5 wurde über das gemeinsame unIT-e² Plugfest bestimmt.

Strukturiertes Testen verschiedener Use Cases führt zu vergleichbaren Ergebnissen.

Um zu belastbaren und vergleichbaren Ergebnissen zu gelangen, wurden die vier unterschiedlichen Gesamtsysteme des intelligenten Ladens, die in den vier unIT-e² Umsetzungsclustern entwickelt wurden, während des unIT-e² Plugfests parallel und untereinander verprobt. Die Gesamtsysteme unterscheiden sich bezüglich der genutzten technischen Komponenten und der entsprechenden digitalen Schnittstellen zur Kommunikation und Datenübertragung.

Die Systeme lassen sich als sogenannte **Wirkketten** beschreiben (siehe Abbildung unten). Die Wirkketten der Cluster *Harmon-E*, *sun-E* und *Cit-E-Life* bestehen aus einem EV, einer Ladestation (EVSE), einem Energie Management System (EMS), einem intelligenten Messsystem (iMSys) - bestehend aus einem Smart Meter Gateway (SMWG), einer modernen Messeinrichtung (mME) und einer Steuereinrichtung (SE) - sowie nachgelagerten Systemen der Messstellenbetreiber (MSB-System). Die Wirkketten weisen somit vier relevante Schnittstellen auf (1 bis 4 in der untenstehenden Abbildung), die auf Interoperabilität getestet wurden. Das Cluster *Heav-E* steuert abweichend dazu die EVSE aus einem EVSE-Backend. Hier konnte folglich nur Schnittstelle 1 zwischen EV und EVSE auf Interoperabilität getestet werden.

Insgesamt wurden während des zweitägigen Events von

über **50** Expert:innen

aus **26** Unternehmen die Interoperabilität

von **21** unterschiedlichen technischen

Systemen und Komponenten

an den in der Abbildung gezeigten vier Schnittstellen getestet.

Die Interoperabilität wurde in **drei Testsessions** systematisch ermittelt:

Session 1 hatte zum Ziel, die pragmatische Interoperabilität (Level 4) zu bestimmen. Dazu wurden die jeweiligen Cluster-Wirkketten so aufgebaut, wie sie ursprünglich konzipiert worden sind.

Session 2 hat die dynamische Interoperabilität (Level 5) der Schnittstelle 1 (EV zu EVSE) getestet. Hier wurden nacheinander die EVs getauscht. Die übrigen Komponenten und Schnittstellen blieben dabei unverändert.

In **Session 3** wurde die Interoperabilität der Schnittstellen 2 und 3 durch den Tausch der EMS-Systeme verprobt.

In einer vierten Testsession bestand die Möglichkeit, eigene Testfälle außerhalb der systematischen Bestimmung der Interoperabilität zu testen. Auf die dabei gewonnenen Ergebnisse wird hier nicht genauer eingegangen.

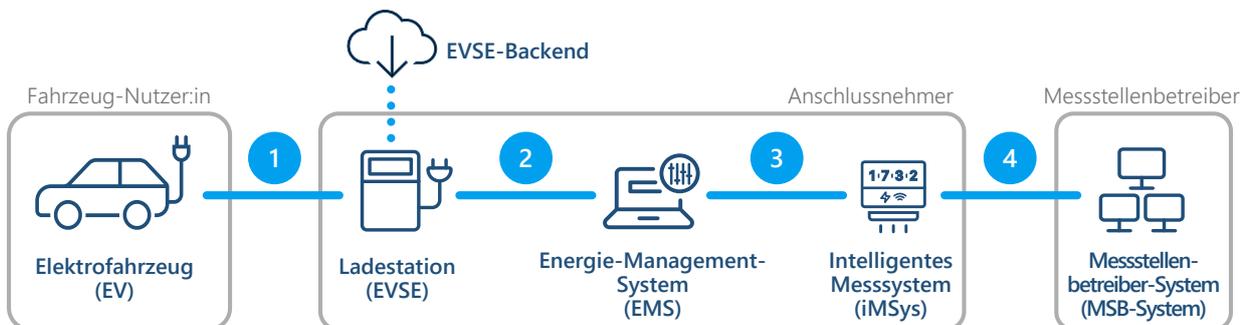


Abbildung: Vereinfachte Darstellung der Wirkketten der Umsetzungscluster in unIT-e²

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der verschiedenen Testfälle ist neben der systematischen Änderung der Testaufbauten eine strukturierte Testdurchführung essenziell. Hierfür wurden ausführliche Testschritte definiert und in einem Dokument bereitgestellt. Jeder der Testschritte konnte so direkt als durchgeführt (erfolgreich, fehlgeschlagen oder abgebrochen) dokumentiert und über ein eigenes Freitextfeld kommentiert werden.

Untersucht wurden die folgenden Use Cases:

- **Leistungslimitierung** des Ladevorgangs, um die Umsetzungen des § 14 a EnWG (z.B. über EEBus LPC) zu testen
- **Smart Charging** (z.B. über EEBus CEVC) zur Umsetzung von Eigenverbrauchsoptimierung, Peak Shaving, oder zum preisoptimierten Laden
- **Meter Values Acquisition** zur Abfrage von relevanten Messwerten (z.B. über EEBus MPC und MGCP)

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl geplanter und durchgeführter Tests je Use Case.

Tabelle: Anzahl an Tests je Use Case

Use Case	geplante Tests	durchgeführte Tests
Leistungs-limitierung	20	20
Smart Charging	9	7
Meter Values Acquisition	19	4

Semantische Interoperabilität (Level 3) ist grundsätzlich gewährleistet.

Zur Vorbereitung des unIT-e² Plugfests wurde semantische Interoperabilität durch den Vergleich der für die jeweiligen Schnittstellen

gewählten OSI oder TCP/IP Referenzmodelle bewertet. Grundlegend ist Level 3 Interoperabilität in allen Cluster gegeben.



Schnittstelle 1 verwendet in allen Clustern **ISO 15118-2** oder in Sonderfällen ISO 15118-20. Durch die (teilweise) gleichzeitige Bereitstellung der Norm in EV und EVSE kann hier von semantischer Interoperabilität ausgegangen werden.



Mit Ausnahme von *Heav-E* verwenden alle Cluster an **Schnittstelle 2 EEBus** mit den entsprechenden Referenzmodellen (SHIP und SPINE). Für diese Fälle ist, sofern die entsprechenden EEBus Use Cases auf beiden Seiten der Schnittstelle implementiert sind, ebenfalls semantische Interoperabilität gegeben. *Heav-E* verwendet im oben erwähnten abweichenden Aufbau an der Schnittstelle 2 zur Steuerung der EVSE das **OCPP 1.6J** Protokoll, dass von den in *Harmon-E*, *Sun-E* und *Cit-E-Life* verwendeten EVSEs ebenfalls unterstützt wird. Somit ist für alle EVSE, mit Ausnahme von *Heav-E*, semantische Interoperabilität über Cluster-Grenzen hinweg gegeben.



Das Cluster *Sun-E* vereint EMS und SE in einer technischen Komponente. **Schnittstelle 3** weist somit semantische Interoperabilität auf, kann aber wegen der Untrennbarkeit von EMS und SE nicht auf pragmatische und dynamische Interoperabilität getestet werden. In *Harmon-E* sind zwei verschiedener EMS Hersteller vertreten, die, wie in *Cit-E-Life*, die gleichen Referenzmodelle (EEBus SHIP und SPINE) verwenden. Somit ist hier semantische Interoperabilität gewährleistet.



An **Schnittstelle 4** werden verschiedene Referenzmodelle verwendet (bspw. in *Harmon-E* CLS.EEDI, in *Sun-E* IEC 61850). Hier ist zwar semantische Interoperabilität in den Cluster gewährleistet, dynamische Interoperabilität ist jedoch auf Grund der verschiedenen Kommunikationsprotokolle nicht möglich.

Pragmatische Interoperabilität (Level 4) ist weitestgehend gegeben.

Für die erprobten Use Cases Leistungslimitierung, Smart Charging und Meter Values Akquisition konnten alle Cluster pragmatische Interoperabilität nachweisen. Auch das Laden aller Fahrzeuge ohne speziellen Use Case (Sofortladen) konnte in Session 1 erfolgreich demonstriert werden.

Dynamische Interoperabilität (Level 5) ist nur an Schnittstelle 1 vollständig gegeben.

Die in Session 2 untersuchte dynamische Interoperabilität an **Schnittstelle 1** (EV zu EVSE) konnte **in allen getesteten Fällen erreicht** werden. Hier konnten jedoch Probleme bei der Umsetzung der Leistungslimitierung (EEBus LPC und CEVC) beobachtet werden, wenn das Leistungslimit schrittweise abgesenkt wurde (siehe Textbox „wichtige Erkenntnisse“).

Die während Session 3 durchgeführten Tests zur Bestimmung der dynamischen Interoperabilität an den **Schnittstellen 2 und 3** konnten **in keinem der Fälle fehlerfrei** zu Ende geführt werden. Die Auswertung der Testprotokolle zeigt, dass hier an verschiedenen Stellen Verbesserungsbedarf herrscht (siehe [separates Dokument](#)).

Wichtige Erkenntnis:



Beim Testen der Leistungslimitierung über EEBus LPC und CEVC an Schnittstellen 2 und 3 in Verbindung mit **ISO 15118-2** an Schnittstelle 1 kam es bei geringen Leistungsvorgaben (Leistung < 2 kW) zu Problemen.

So haben die EVs bei geringen Limits (je EV unterschiedlich) den Ladevorgang pausiert (ISO-Pause), konnten ihn bei einem Anheben des Limits jedoch nicht wieder aufnehmen. Ein kompletter Neustart des Ladevorgangs (z.B. durch Ab- und wieder Anstecken des EVs an die EVSE) war bisweilen die einzige Möglichkeit, dies zu beheben.

Eine detaillierte Beschreibung der Problematik, daraus resultierende Konsequenzen für die konkrete Umsetzung und Handlungsempfehlungen haben wir in einem [separaten Dokument](#) veröffentlicht.

Fazit: Interoperabilität ist in unIT-e² an vielen aber nicht allen Stellen gegeben.

Die Tabelle und Abbildung auf der nächsten Seite zeigen **Ergebnisse des unIT-e² Plugfests**. Grün markierte Schnittstellen weisen dabei das entsprechende LCIM Level für die untersuchten Use Cases auf. An orangene Schnittstellen muss weiter gearbeitet werden. In Grau sind Schnittstellen dargestellt, für die Interoperabilität nicht erreicht wurde, aber auch nicht notwendig ist.

Generell zeigen die Ergebnisse, dass die Verwendung von Standards unausweichlich für das Ziel „**Interoperabilität im Energiesystem der Zukunft**“ ist. Gemeinsame Referenzmodelle gewährleisten bereits die semantische Interoperabilität an jeder betrachteten Schnittstelle.

Tabelle: Übersicht der Interoperabilität der Schnittstellen, die beim unIT-e² Plugfest getestet wurden, bis LCIM Level 5

LCIM Level	Interoperabilität	Kriterium	EV – EVSE	EVSE - EMS	EMS - iMSys	iMSys – MSB-System
3	semantisch	Gemeinsames Referenzmodell				
4	pragmatisch	Cluster-Wirkkette erzielt gewünschtes Ergebnis				
5	dynamisch	Geänderte Wirkkette erzielt gewünschtes Ergebnis				

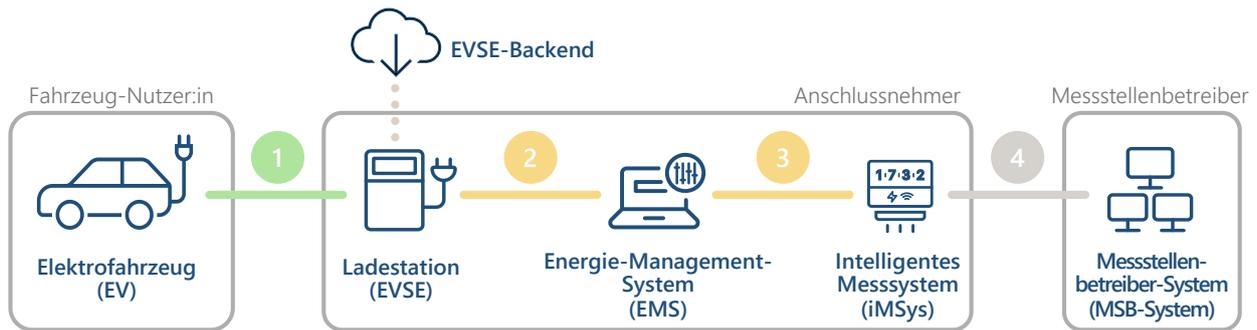


Abbildung: Wirkketten der Umsetzungscluster in unIT-e² mit Kennzeichnung der dynamischen Interoperabilität an den vier wichtigsten Schnittstellen

Die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Plugfest beziehen sich auf die dynamische Interoperabilität (LCIM Level 5), also auf die Fälle, wenn Komponenten entlang einer Wirkkette ausgetauscht werden: Hier zeigt sich, dass an den drei Schnittstellen, an denen Interoperabilität sinnvoll ist, **weiterhin Verbesserungsbedarf** besteht. Zwar konnte an Schnittstelle 1 für die untersuchten Use Cases dynamische Interoperabilität nachgewiesen werden, allerdings traten auch hier unerwartete Probleme auf.

Eine Ursache für die festgestellten Probleme ist, dass es trotz einheitlicher Referenzmodelle **häufig Interpretationsspielräume bei der technischen Umsetzung der verwendeten Standards** gibt. Dies gilt auch für die ISO 15118-2 (Schnittstelle 1). Konkrete Interpretationsspielräume bieten hier bspw. die Referenzzeitpunkte für Ladepläne und Incentive Tabellen, bei denen die EVSE die Einhaltung des Ladeplans

überwachen muss. Die ISO 15118-2 stellt diesbezüglich bereits eine deutliche Verbesserung dar.

Derzeit müssen Hersteller demnach, trotz der Verwendung von Standards, aufgrund der beobachteten Interpretationsspielräume stets die Funktionalität der Kommunikation mit jeder einzelnen technischen Komponente separat erproben. **Unter diesen Voraussetzungen ist vollständige Interoperabilität aktuell nicht umsetzbar.**

Aus diesem Grund sind **weitere Interoperabilitätstests nach dem Vorbild des unIT-e² Plugfests empfehlenswert!** Dabei muss Interoperabilität herstellerübergreifend erprobt und Verbesserungspotenzial entsprechend dokumentiert werden. Projekte wie unIT-e², die eine enge Zusammenarbeit von Herstellern ermöglichen, können für die Erprobung von Interoperabilität zukünftig eine entscheidende Rolle spielen.