Der Weg zu einer gemeinsamen digitalen Grundlage für Mobilität, Energiewirtschaft und Kreislaufwirtschaft

Impulspapier: Von Insellösungen zu interoperablen Infrastrukturen

In Zusammenarbeit mit

Technische Universität München

ambibox · cryptar · MAN · Narravero · OLI · SIEMENS · VOLKSWAGEN GROUP

Executive Summary

Hinweis: *Die vorliegende Veröffentlichung spiegelt das aktuelle Verständnis der FfE zum Thema sektorübergreifende digitale Infrastrukturen und ist als Diskussionsöffner zu verstehen. Wir freuen uns über Anmerkungen und einen fundierten Austausch mit Expert:innen.*

Der Hochlauf der Elektromobilität öffnet den Weg für zahlreiche innovative Anwendungsfälle, die historische Sektorengrenzen überschreiten. Die zugrunde liegenden digitalen Infrastrukturen wurden bislang jedoch überwiegend sektor- oder anwendungsspezifisch aufgebaut. Eine harmonisierte und interoperable, sektorübergreifende digitale Infrastruktur kann Innovationszyklen verkürzen, Integrationsaufwände reduzieren und die Skalierung neuer sektorübergreifender Geschäftsmodelle erheblich beschleunigen.

Diese Infrastruktur sollte auf bestehende Systeme und Entwicklungen, etwa im Bereich des Digitalen Produktpasses, der Datenräume und des EUDI-Wallets, aufbauen. Die zentrale Aufgabe besteht darin, bestehende Lösungen und neue Infrastrukturkomponenten so aufeinander abzustimmen, dass sie über Sektorgrenzen hinweg interoperabel zusammenspielen.

Im Austausch mit Expert:innen der Branche wurden hierzu vier zentrale Handlungsfelder identifiziert. Voraussetzungen für eine skalierbare, interoperable Infrastruktur sind:

- technische und semantische Anschlussfähigkeit von Daten, Systemen und Prozessen
- systemübergreifend prüfbare Identitäten und Berechtigungen
- verlässliche Daten und nachvollziehbare Verantwortlichkeiten entlang des Datenlebenszyklus
- tragfähige Governance- und Betriebsmodelle

Aus Sicht der FfE ist jetzt der richtige Zeitpunkt, die identifizierten Herausforderungen gemeinsam anzugehen und konkrete Schritte hin zu sektorübergreifender Interoperabilität zu entwickeln. Wir möchten hierzu den Austausch zwischen Akteuren aus Industrie, Forschung, Standardisierung und Regulierung fördern und die Entwicklung gemeinsamer Standards sowie skalierbarer Lösungen aktiv unterstützen.

Herausforderungen an den Sektorgrenzen: Ein Asset, mehrere Sektoren, unterschiedliche digitale Infrastrukturen

Derzeit entstehen in Mobilität, Energiewirtschaft und Kreislaufwirtschaft zahlreiche digitale Infrastrukturen. Dazu zählen unter anderem Digitale Produktpässe (DPP), Datenräume, digitale Identitäten und Wallets, Standardisierungsinitiativen für Schnittstellen und Protokolle sowie sektorspezifische Plattformen. Diese Entwicklungen adressieren wichtige Herausforderungen innerhalb ihrer jeweiligen Domänen und schaffen die Grundlage für neue Anwendungsfälle und Wertschöpfungsketten sowie erhöhte Transparenz und Automatisierung.

Gleichzeitig führt die Elektrifizierung von Mobilität, Wärme und Industrie zu einer zunehmenden Vernetzung bisher getrennter Sektoren. Infolgedessen agieren Assets, Daten, Anwendungen und Akteure verstärkt über Sektorengrenzen hinweg. Informationen und Daten müssen dafür sektorübergreifend bereitgestellt, ausgetauscht und weiterverarbeitet werden. Voraussetzung dafür ist eine digitale Infrastruktur, die Interoperabilität, Skalierbarkeit und einheitliche Governance über Sektorgrenzen hinweg ermöglicht. Somit könnten Innovationszyklen verkürzt, Integrationsaufwände reduziert und die Skalierung neuer sektorübergreifender Geschäftsmodelle erheblich beschleunigt werden.

Besonders deutlich wird dieser Bedarf am Beispiel des Elektrofahrzeugs. Es ist zugleich Mobilitätsobjekt, flexible Energieressource und Gegenstand der Kreislaufwirtschaft. Entsprechend treffen entlang seines Lebenszyklus die Informations- und Datenaustauschbedarfe der verschiedenen Sektoren unmittelbar aufeinander.

Zur Unterstützung solcher sektorübergreifenden Anwendungsfälle wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Initiativen und Projekte gestartet. Diese konzentrieren sich jedoch häufig auf einzelne Anwendungsfälle oder Infrastrukturkomponenten. Dadurch entstehen wertvolle Lösungsansätze, gleichzeitig besteht aber die Herausforderung, dass sich Datenmodelle, Schnittstellen und Governance-Ansätze unabhängig voneinander entwickeln. Die zentrale Fragestellung liegt daher weniger im Fehlen einzelner Technologien als vielmehr in deren interoperablem Zusammenspiel.

Herausforderungen bei sektorübergreifenden Anwendungsfällen

Wird ein Asset wie das Elektrofahrzeug in mehreren Sektoren genutzt, erschweren nicht aufeinander abgestimmte Schnittstellen, Datenmodelle und Zugriffsregeln den Austausch zwischen den jeweiligen Datenökosystemen. Die folgenden Anwendungsfelder zeigen beispielhaft, wo Akteure und Systeme sektorübergreifend zusammenwirken müssen und welche Herausforderungen daraus in der bestehenden digitalen Infrastruktur entstehen.

Smart Charging und bidirektionales Laden

Für die Umsetzung von Smart-Charging- und bidirektionalen Ladevorgängen müssen Fahrzeug-, Batterie-, Lade- und Energiedaten ausgetauscht werden. Hierzu können beispielsweise Informationen zum Zustand der Batterie, zum aktuellen Ladevorgang sowie energiewirtschaftliche Signale für die Lade- und Flexibilitätssteuerung zählen. Für die Ladeplanung sind zudem die Anforderungen des Nutzers an die Verfügbarkeit und Nutzung des Fahrzeugs zu berücksichtigen.

Welche Daten dabei tatsächlich benötigt werden, ist akteurs- und anwendungsfallspezifisch festzulegen und sollte sich auf die für den jeweiligen Zweck erforderlichen Informationen beschränken. Am Datenaustausch beteiligt sind Fahrzeug, das Backend des Fahrzeugherstellers, Ladeinfrastruktur, Energiemanagementsysteme, Aggregatoren und Netzbetreiber.

Die Umsetzung des Use Cases erfordert damit ein sektorübergreifendes Zusammenspiel von Akteuren aus Mobilitäts- und Energiewirtschaft. Offene Fragestellungen bestehen insbesondere hinsichtlich der Steuerungshoheit über das Fahrzeug, der Authentifizierung beteiligter Akteure sowie der Vergabe und Durchsetzung von Zugriffsrechten.

Reportingpflichten der Automobilindustrie

Die Erfüllung von Reportingpflichten stellt die Automobilindustrie bereits heute vor erhebliche Herausforderungen. Die zunehmende Verknüpfung von Mobilitäts- und Energiedaten erhöht dabei die Komplexität zusätzlich. Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass voraussichtlich in Zukunft höhere

Anforderungen, wie beispielsweise eine höhere Datenaufösung für das Reporting von orts- und marktbasierten Stromemissionen gestellt werden[1]. Das betrifft beispielsweise auch die Flottenemissionen im Betrieb (Scope-3.11-Emissionen).

Wenn Fahrzeug-, Batterie-, Lade- und Energiedaten ohnehin ausgetauscht werden, könnte dieses Reporting automatisiert und transparenter gemacht werden. Es stellt sich jedoch die Frage, wie diese Ladedaten für Reportingzwecke zugänglich gemacht werden können, wie Nachvollziehbarkeit und Richtigkeit der Daten garantiert werden können und wie dieser Prozess datenschutzkonform umgesetzt werden kann.

Ladeinfrastrukturplanung, Verkehrsmodellierung und Netzplanung

Für die Ladeinfrastrukturplanung, Verkehrsmodellierung und Netzplanung müssen Mobilitäts-, Logistik-, Fahrzeug- und Energiedaten miteinander verknüpft werden. Dazu zählen unter anderem Informationen zu Reichweiten, Ladebedarfen, Ladepreisen sowie verfügbaren Ladepunkten. Diese Daten können sowohl für operative Entscheidungen als auch für die langfristige Planung von Ladeinfrastruktur und Energiesystemen genutzt werden. An dem entsprechenden Datenaustausch beteiligt sind unter anderem Flottenmanagement- und Transportmanagementsysteme, Fahrzeug-Backends, Ladeinfrastruktur sowie energiewirtschaftliche Systeme. Im Rahmen dessen entstehen Schnittstellen zwischen Mobilitäts-, Logistik- und Energiewirtschaft, an denen ein sektorübergreifendes Zusammenspiel der unterschiedlichen Systeme erforderlich wird.

KI-gestützte Auswertung von Produktpassdaten

Über die beschriebenen Anwendungen hinaus können standardisiert bereitgestellte Daten, unter anderem aus dem Digitalen Produktpass, zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten durch KI-gestützte Auswertungen eröffnen. Dazu zählen beispielsweise die Bewertung des Batterierestwerts sowie die Unterstützung von Entscheidungen über eine Weiterverwendung oder das Recycling.

Zwischenfazit

Die Anwendungsfälle zeigen, dass die technischen und organisatorischen Elemente für die Anwendungen vielfach schon vorhanden sind. Offen ist, wie bestehende Standards und Infrastrukturen an den betrachteten Sektorgrenzen zusammenspielen und welche zusätzlichen Vereinbarungen dafür nötig sind. Ohne standardisierte Schnittstellen, gemeinsame Datenmodelle und abgestimmte Governance-Mechanismen drohen digitale Silos entlang bestehender Sektorgrenzen fortzubestehen oder neu zu entstehen. Die zentrale Aufgabe besteht daher darin, bestehende digitale Infrastrukturen interoperabel miteinander zu verbinden und ihre sektorübergreifende Nutzung zu ermöglichen, bevor sich Insellösungen verfestigen.

Stimmen aus der Praxis:
Wo heute konkreter Handlungsbedarf besteht

Zur Identifikation von Problemstellungen und Handlungsbedarfen an sektorübergreifenden Schnittstellen sind wir im Austausch mit Akteuren aus Mobilität, Energiewirtschaft, Ladeinfrastruktur, DPP-Umsetzung und Vertrauensdiensten. In leitfadengestützten, semistrukturierten Interviews konnten wir Anforderungen an eine sektorübergreifende digitale Infrastruktur ableiten. Trotz unterschiedlicher Perspektiven zeichneten sich wiederkehrende Bedarfe ab, die im Folgenden in vier Handlungsfeldern zusammengefasst werden.

I. Interoperabilität von Systemen und Schnittstellen sicherstellen

Heterogene Systemlandschaften, proprietäre Implementierungen und unterschiedliche Ausprägungen bestehender Standards führen in vielen Fällen zu hohen Integrations- und Pflegeaufwänden.

Für den Aufbau einer sektorübergreifenden digitalen Infrastruktur besteht daher die Notwendigkeit, technische Schnittstellen und Datenmodelle stärker zu harmonisieren, den Einsatz offener und kompatibler Standards zu fördern sowie Datenanforderungen möglichst konsistent und anwendungsorientiert zu

[1] ghgprotocol: Upcoming Scope 2 Public Consultation: Overview of Revisions

definieren. Dadurch können Komplexität reduziert, Integrationsaufwände gesenkt und die Interoperabilität zwischen bestehenden digitalen Infrastrukturen verbessert werden, sodass die Entstehung neuer Datensilos möglichst weitgehend verhindert wird.

II. Identitäten, Zugriffs- und Nutzungsrechte sektorübergreifend regeln

Identifikations-, Authentifizierungs- und Berechtigungsmechanismen müssen über System- und Sektorgrenzen hinweg eindeutig nachweisbar und anschlussfähig sein. Fehlende oder nicht miteinander kompatible Identitäts- und Berechtigungsmodelle erschweren die kontrollierte Nutzung von Daten über verschiedene digitale Infrastrukturen hinweg.

Dies betrifft auch die Abrechnung: Energie- und Flexibilitätsleistungen eines Assets wie des Elektrofahrzeugs müssen sektorübergreifend und möglichst zeitnah dem richtigen Vertrag und Akteur zugeordnet werden können. Heute erfolgen die Abrechnung in der Elektromobilität und die energiewirtschaftliche Abrechnung jedoch weitgehend getrennt, mit jeweils eigenen Identifikatoren und Prozessen.

Es ist einerseits zu klären, welche Akteure auf welche Daten zugreifen und diese nutzen dürfen. Andererseits müssen Verantwortlichkeiten und Entscheidungsbefugnisse für Assets und deren Funktionen eindeutig geregelt werden. Dies betrifft beispielsweise die Frage, welche Akteure in unterschiedlichen Anwendungsfällen Steuerungsrechte über ein Asset ausüben dürfen und wie konkurrierende Ansprüche auf dieselbe Ressource aufgelöst werden können. Bestehende Projekte treiben bereits die Entwicklung sektorübergreifender Identitäts- und Berechtigungssysteme voran.

Identitäten sind dabei allerdings nicht nur für die Prüfung von Zugriffs- und Nutzungsrechten relevant, sondern auch für die nachvollziehbare Zuordnung von Daten zu ihrem Urheber.

III. Datenqualität gewährleisten und Verantwortung nachvollziehbar zuordnen

Vertrauenswürdiger Datenaustausch setzt voraus, dass Herkunft, Änderungen und die Verantwortlichkeit für die Richtigkeit von Informationen nachvollziehbar bleiben. Insbesondere bei sektorübergreifenden Anwendungsfällen und der Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Quellen stellt sich die Frage, wie Verantwortung für einzelne Datensätze eindeutig zugeordnet und über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg nachvollzogen werden kann.

Während Vertrauen heute häufig über bestehende, oft bilaterale Geschäftsbeziehungen, Lieferantenqualifizierung, Verträge oder Zertifizierungen hergestellt wird, entstehen durch den zunehmenden Austausch von Daten über Organisations- und Sektorgrenzen hinweg neue Anforderungen an die digitale Nachvollziehbarkeit von Informationen. Dabei rücken Fragestellungen zur Attribution von Daten, zur Dokumentation von Änderungen sowie zur transparenten Zuordnung von Verantwortlichkeiten und Haftungsfragen stärker in den Fokus. Geeignete Mechanismen zur Versionierung, Nachverfolgung und Dokumentation von Datenherkünften können dazu beitragen, die Vertrauenswürdigkeit von Informationen auch außerhalb bestehender bilateraler Vertrauensbeziehungen zu stärken. Da eine solche Dokumentation jedoch zunächst eine Angabe des dokumentierenden Akteurs selbst ist, kann sie die Vertrauenswürdigkeit von Informationen außerhalb bilateraler Vertrauensbeziehungen nur dann stärken, wenn die referenzierten Identitäten nachweisbar (vgl. Handlungsfeld II) und die Angaben für Dritte unabhängig vom datenhaltenden System prüfbar sind.

IV. Governance, Betriebsmodelle und Anreize gestalten

Die erfolgreiche Etablierung sektorübergreifender digitaler Infrastrukturen hängt nicht allein von der Implementierung passender technischer Lösungen ab, sondern ebenso von der Umsetzung geeigneter Governance- und Betriebsmodelle. Unklare Verantwortlichkeiten, fehlende Anreize zur Datenbereitstellung oder Abhängigkeiten von einzelnen Plattformen können die Verbreitung und Nutzung digitaler Infrastrukturen erschweren. Für eine breite Akzeptanz müssen Zuständigkeiten für den Betrieb und die Weiterentwicklung von Schnittstellen, Identitäts- und Berechtigungsmodellen sowie Datenzugängen klar geregelt sein. Außerdem bedarf es ausreichender Anreize oder eines entsprechenden regulatorischen Handlungsdrucks, um eine breite Akzeptanz und langfristige Nutzung einer digitalen Infrastruktur zu ermöglichen. Darüber hinaus sollten Betriebsmodelle so gestaltet werden, dass Transparenz gewährleistet und neue Abhängigkeiten von einzelnen Intermediären oder Plattformbetreibern vermieden werden.

Grundlagen und Anknüpfungspunkte für eine sektorübergreifende, interoperable digitale Infrastruktur

Vor dem Hintergrund des bestehenden Handlungsbedarfs betrachten wir, welchen Beitrag bereits verfügbare und derzeit entstehende digitale Bausteine zum sektorübergreifenden Datenaustausch leisten können und welche Fragen bei ihrem Zusammenspiel offenbleiben.

Der Digitale Produktpass: Hintergründe und Potenziale

Mit der im Jahr 2024 in Kraft getretenen neuen Ökodesign-Verordnung (engl. Ecodesign for Sustainable Products Regulation, ESPR) wurde der Digitale Produktpass als zentrales Instrument der europäischen Kreislaufwirtschaftspolitik verankert. Der DPP soll kreislaufrelevante Produktinformationen über den gesamten Lebenszyklus hinweg bereitstellen. Welche Datenpunkte darin konkret erfasst werden, legen delegierte Rechtsakte für die jeweiligen Produktgruppen fest. Bisher existiert allerdings lediglich für den Batteriepass, der als Vorläufer des DPP gilt, eine Liste der erforderlichen Datenpunkte. Durch die Einführung eines DPP soll die Transparenz und Rückverfolgbarkeit entlang der Wertschöpfungskette erhöht sowie die Reparatur, Wiederaufbereitung und das Recycling vereinfacht werden. Voraussetzung dafür sind allerdings standardisierte, maschinenlesbare und durchsuchbare Datenformate sowie eine gemeinsam nutzbare Infrastruktur. Eine solche strukturierte Bereitstellung kann zugleich die Nutzung von Produktinformationen für KI-gestützte Auswertungen erleichtern und damit zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten über die ursprünglichen Informationspflichten hinaus eröffnen

DPP-Standardisierung als Basis für eine sektorübergreifende Infrastruktur

Die ESPR schreibt vor, dass die Daten in einem Digitalen Produktpass auf offenen und interoperablen Standards basieren sollen. Die Forderung nach solchen Datenformaten wurde in den kürzlich veröffentlichten Normen zum Digitalen Produktpass weiter konkretisiert. So beschreibt die DIN EN 18223 beispielsweise ein semantisches Modell auf Basis des JSON-Formats als Grundlage für einen sektorübergreifenden und interoperablen DPP. Angesichts des fortgeschrittenen Standardisierungsstandes und der ab Februar 2027 geltenden Batteriepasspflicht ist zu prüfen, inwieweit diese Ansätze auch für die Bereiche Mobilität und Energiewirtschaft genutzt werden könnten. Für einen sektorübergreifenden Datenaustausch sind neben dem Datenformat auch die Zugriffsberechtigungen und der Umgang mit vertraulichen Daten entscheidend, etwa beim bidirektionalen Laden von Elektrofahrzeugen, an dem zahlreiche Akteure beteiligt sind. Mit den inzwischen veröffentlichten Normen DIN EN 18239 (Zugriffsrechte, IT-Sicherheit, Geschäftsgeheimnisse) und DIN EN 18246 (Authentizität, Verlässlichkeit und Integrität von Daten) liegen zudem Anknüpfungspunkte für die Handlungsfelder II und III vor.

Der Datenraum: Konzept und Funktionsweise

Ein Datenraum bietet einen gemeinsamen Rahmen für den Datenaustausch zwischen Akteuren. Als föderierte Infrastruktur verbindet er Teilnehmer auf Grundlage gemeinsamer Governance-Regeln, technischer Standards und Dienste. Die Daten verbleiben grundsätzlich beim jeweiligen Anbieter und werden nicht zentral im Datenraum gespeichert. Stattdessen erfolgt der Datenaustausch bilateral zwischen Datenanbieter und Datennutzer. Dabei können Datenanbieter festlegen, wer auf ihre Daten zugreifen darf und Bestimmungen formulieren, wie Daten genutzt werden dürfen. Die technische Anbindung der Systeme der Teilnehmenden an den Datenraum und die Initiierung der Kommunikationsvorgänge erfolgen über Softwarekomponenten, den sogenannten Konnektoren.
In der Automobilindustrie ist mit Catena-X bereits ein Datenraum im Einsatz, während mit energy data-X (edX) ein entsprechender Datenraum für die Energiewirtschaft entwickelt und erprobt wird. Da relevante Informationen für sektorübergreifende Anwendungsfälle häufig in solchen domänenspezifisch wachsenden Datenökosystemen vorliegen, gewinnt die Interoperabilität und Kopplung der Datenräume zunehmend an Bedeutung. Die Herausforderung besteht dabei nicht allein in der technischen Verbindung der Datenräume, sondern insbesondere in der Abstimmung von Semantik, Governance-Regeln, Identitäts- und Vertrauensmechanismen sowie Zugangs- und Nutzungsbedingungen.

Perspektivisch können Datenräume auch als Vertrauensschicht für organisationsübergreifend arbeitende KI-Agenten dienen. Neben dem Zugriff auf relevante Daten benötigen Datenräume überprüfbare

Informationen darüber, wer Daten bereitstellt, welche Berechtigungen bestehen und unter welchen Bedingungen die Daten genutzt werden dürfen. Datenräume können dafür digitale Identitäten, überprüfbare Nachweise und maschinenlesbare Nutzungsregeln innerhalb eines gemeinsamen Governance-Rahmens zusammenführen. Dadurch kann der Prüf- und Abstimmungsaufwand reduziert und eine vertrauenswürdige Automatisierung über Unternehmensgrenzen hinweg unterstützt werden. [2]

Identitäten und Berechtigungen sektorübergreifend nutzbar machen

Für die Identifizierung und Authentisierung von Akteuren und technischen Systemen bestehen bereits sektorspezifische Lösungen. In der Energiewirtschaft dient die Smart-Meter-PKI beispielsweise der gegenseitigen Authentisierung von Smart-Meter-Gateways und berechtigten Marktteilnehmern. In der Automobilindustrie verwendet Catena-X die Business Partner Number zur eindeutigen Identifizierung teilnehmender Organisationen. Für einen sektorübergreifenden Datenaustausch stellt sich damit die Anforderung, solche bestehenden Identitäts- und Vertrauensmechanismen anschlussfähig zu gestalten, sodass mit den Identitäten verbundene Berechtigungen auch über Systemgrenzen hinweg geprüft werden können.

EUDI-Wallets ermöglichen natürlichen und juristischen Personen, Identitätsdaten und digitale Nachweise zu verwalten und vorzulegen. Grundlage ist die eIDAS-Verordnung (EU) Nr. 910/2014 in der durch die Verordnung (EU) 2024/1183 geänderten Fassung, die den europäischen Rahmen für digitale Identitäten und deren grenzüberschreitende Anerkennung bildet. Da die Mitgliedstaaten zu ihrer Bereitstellung verpflichtet sind, bieten sie einen europäischen Anknüpfungspunkt für sektorübergreifend nutzbare personen- und organisationsbezogene Nachweise.

Für Dienste, Maschinen und Anlagen sind darüber hinaus geeignete technische Identitäten und Zertifikatsmechanismen erforderlich. Damit beide Ebenen zusammenwirken können, muss nachvollziehbar und überprüfbar sein, welchem Akteur ein technisches System zugeordnet ist und ob es in dessen Namen handeln darf.

Ein mögliches Zusammenspiel von Infrastrukturkomponenten

Am Beispiel des Anwendungsfalls Smart Charging lässt sich ein mögliches Zusammenspiel von Batteriepass und Datenraum skizzieren. Im Batteriepass könnten Endpunkte verlinkt sein, über die dynamische Daten zur Fahrzeugbatterie, beispielsweise SoC-Werte (State of Charge), bereitgestellt werden. Berechtigte Akteure wie Aggregatoren könnten so erfahren, wo relevante Daten verfügbar sind, und sich über den Datenraum für den Zugriff darauf autorisieren, wobei dieser als Governance- und Vermittlungsrahmen dient. Die Daten würden anschließend über die verlinkte Datenquelle bezogen. Offen bleibt dabei, wie die Richtigkeit der bereitgestellten Daten sichergestellt und die Verantwortung dafür nachvollziehbar zugeordnet werden kann (vgl. Handlungsfeld III).

Eine interoperable Infrastruktur

Einzelbausteine wie der DPP oder das Konzept des Datenraums sind aus spezifischen Motivationen und Problemstellungen entstanden. Nun gilt es, das Zusammenspiel der Bausteine und deren Potenziale zu untersuchen. Welche Bausteine genutzt und orchestriert werden, hängt vom jeweiligen Anwendungsfall und dessen Schnittstellen sowie Anforderungen ab. Darüber hinaus ist zu bestimmen, welche Aspekte sektorübergreifend standardisiert werden sollten, damit sie in weiteren Anwendungsfällen wiederverwendet werden können, und welche aufgrund spezifischer Anforderungen bewusst anwendungsfallspezifisch bleiben sollten.

Digitale Produktpässe, Datenräume, Wallets oder technische Identitäten bilden keine feste technische Kette. Sie übernehmen unterschiedliche, sich ergänzende Funktionen und werden nur dort eingesetzt, wo sie einen konkreten Beitrag leisten. Der operative Datenaustausch kann weiterhin über bestehende sektorale APIs, Standards und Protokolle erfolgen. Entscheidend ist, dass die beteiligten Infrastrukturen gemeinsame Semantiken, Identifikatoren, Vertrauensmechanismen und Regeln anerkennen. So können bestehende Lösungen schrittweise interoperabel verbunden werden, ohne neue zentrale Plattformen oder zusätzliche Datensilos zu schaffen.

[2] Ankercloud GmbH, 2026: Dataspaces and Agentic AI

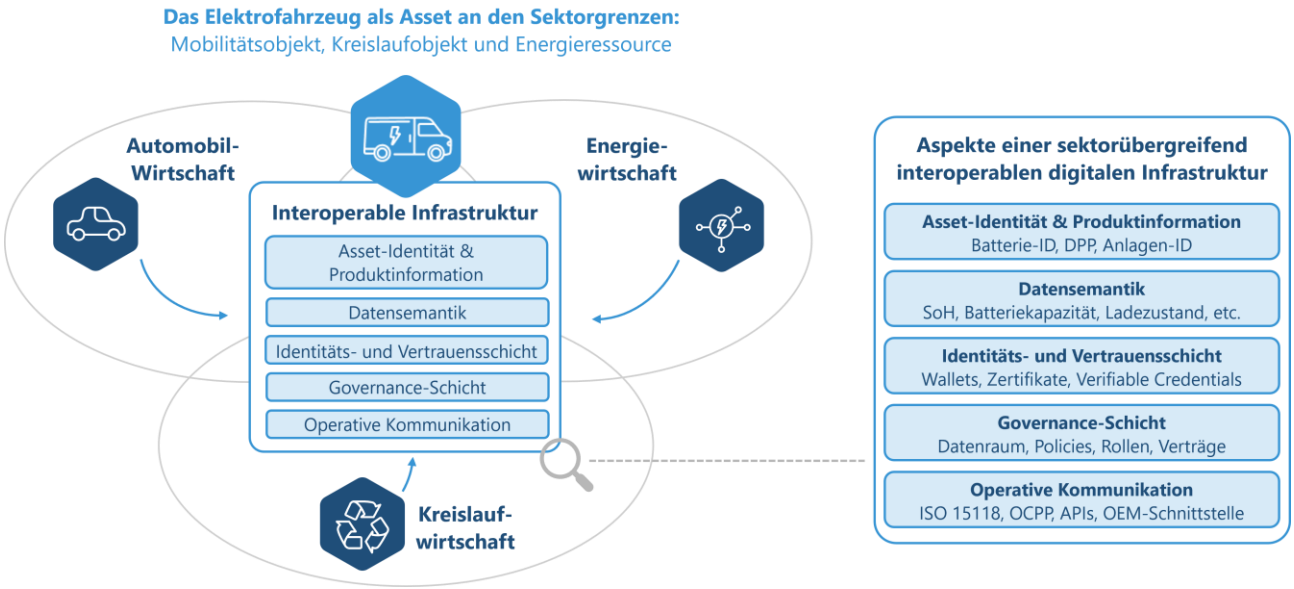

Abbildung 1: Elemente und Ebenen einer sektorübergreifenden interoperablen digitalen Infrastruktur

Die nächsten Schritte

Der Weg zu einer interoperablen Infrastruktur ist weniger eine technologische als vielmehr eine organisatorische, regulatorische und sektorübergreifende Gestaltungsaufgabe. Viele der erforderlichen Bausteine und Standards existieren bereits, ihr Zusammenspiel über Anwendungs-, Organisations- und Sektorgrenzen hinweg ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. **Offene Fragestellungen** betreffen insbesondere

- die Harmonisierung von Datenmodellen und Schnittstellen,
- die gegenseitige Anerkennung von Identitäten und Berechtigungen,
- die Ausgestaltung gemeinsamer Governance- und Betriebsmodelle sowie
- die Nachvollziehbarkeit von Datenherkunft und Verantwortlichkeiten.

Ebenso ist zu klären, welche Funktionen sektorübergreifend vereinheitlicht werden sollten und wo domänenspezifische Lösungen weiterhin sinnvoll sind.

Die Entwicklung einer interoperablen Infrastruktur erfordert daher einen kontinuierlichen Austausch zwischen den beteiligten Sektoren, um gemeinsame Standards, Vertrauensmechanismen und Schnittstellen schrittweise zu etablieren und bestehende Insellösungen miteinander zu verbinden.

Aus Sicht der FfE ist – hinsichtlich der aktuell laufenden Entwicklungen – **jetzt der richtige Zeitpunkt, die identifizierten Herausforderungen gemeinsam anzugehen und konkrete Schritte hin zu sektorübergreifender Interoperabilität zu entwickeln**.

Wir werden dazu weiterhin im engen Austausch mit den an diesem Papier beteiligten Partnern stehen und möchten darüber hinaus zeitnah den Austausch mit weiteren Herstellern von Fahrzeugen, Batterien und Ladeinfrastruktur, sowie Technologieanbietern, Standardisierungsorganisationen, Anwendern und regulatorischen Akteuren durch geeignete Kooperationsformate intensivieren. Daher freuen wir uns über den Kontakt zu allen, die dieses Thema aktiv mitgestalten möchten.

Impressum

Herausgeber

Am Blütenanger 71
80995 München
+49 89 158121-0
info@ffe.de
www.ffe.de

Veröffentlicht am
19.11.2026

Autor:innen
Lisa Würker
Andreas Bruckmeier
Lukas Wohlschläger (TUM fml)
Dr. Erwan Taillanter
Dr.-Ing. Patrick Vollmuth

Stellv. wissenschaftlicher Leiter
Dr.-Ing. Serafin von Roon

Geschäftsleitung
Dr.-Ing. Serafin von Roon
Dr.-Ing. Christoph Pellinger
Dr.-Ing. Anna Gruber
Dr.-Ing. Andrej Guminski

Bitte zitieren als
FfE (2026): Der Weg zu einer gemeinsamen digitalen Grundlage für Mobilität, Energiewirtschaft und Kreislaufwirtschaft - Von Insellösungen zu interoperablen Infrastrukturen: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. DOI: 10.34805/ffe-29-26

DOI: 10.34805/ffe-29-26

Haftungsausschluss (Disclaimer)
Dieses Whitepaper wurde von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) erstellt und dient ausschließlich zu Informationszwecken. Alle in diesem Whitepaper enthaltenen Inhalte, Analysen und Empfehlungen spiegeln die Meinung der FfE wider und stellen keine rechtliche oder beratende Empfehlung dar.

Das Vervielfältigen, Verbreiten oder jegliche kommerzielle Nutzung der in diesem Whitepaper enthaltenen Inhalte ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung der FfE untersagt. Jegliche Veröffentlichung oder Weitergabe des Whitepapers muss mit der Angabe des Links zur entsprechenden Seite auf der FfE-Website erfolgen, auf der das Whitepaper zur Verfügung gestellt wird. Dieser Link muss bei jeder Verteilung des Whitepapers deutlich sichtbar gemacht werden.

Die FfE übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität der dargestellten Informationen. Jegliche Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Verantwortung. Die FfE haftet nicht für direkte oder indirekte Schäden, die aus der Verwendung der Informationen oder Handlungen, die auf Basis dieses Whitepapers durchgeführt werden, resultieren.