

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Revidat, S., Rukanova, B. D., & Chirvisuta, T. (2025). Ein „Real-Life“-Pilot des Batterieproduktpasses für Traktionsbatterien: Real-life Pilot of the Battery Product Passport for Electric Vehicle Batteries. *ATZ Elektronik*, 20, 38-43. <https://doi.org/10.1007/s35658-025-2072-4>

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

In case the licence states “Dutch Copyright Act (Article 25fa)”, this publication was made available Green Open Access via the TU Delft Institutional Repository pursuant to Dutch Copyright Act (Article 25fa, the Taverne amendment). This provision does not affect copyright ownership.
Unless copyright is transferred by contract or statute, it remains with the copyright holder.

Sharing and reuse

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

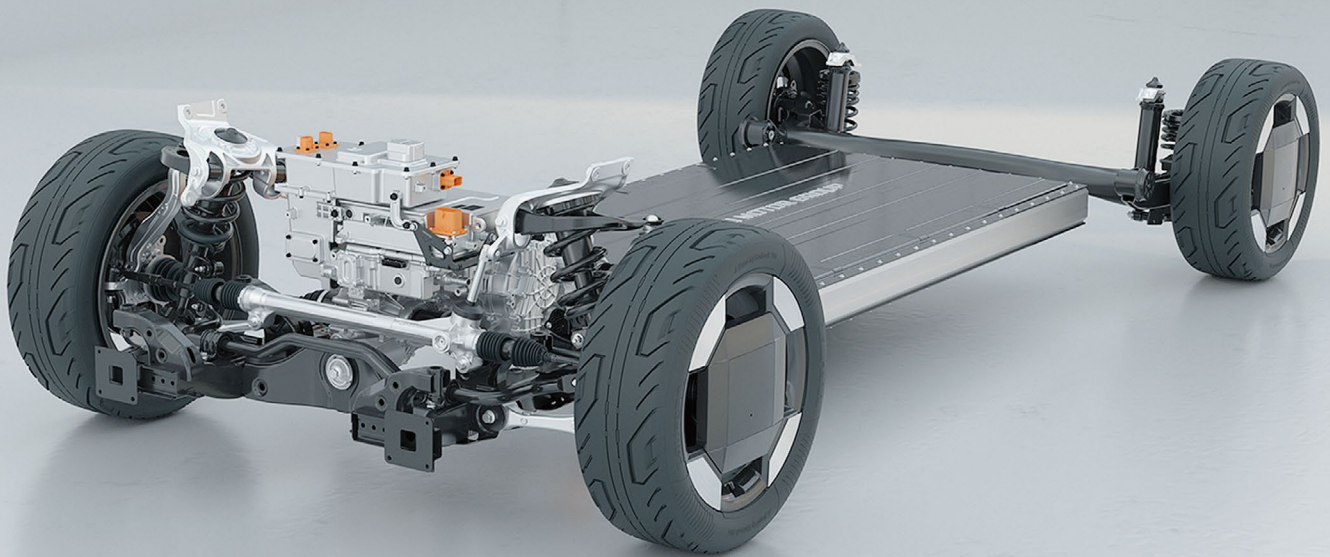
Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

**Green Open Access added to [TU Delft Institutional Repository](#)
as part of the Taverne amendment.**

More information about this copyright law amendment
can be found at <https://www.openaccess.nl>.

Otherwise as indicated in the copyright section:
the publisher is the copyright holder of this work and the
author uses the Dutch legislation to make this work public.



Ein „Real-Life“-Pilot des Batterieproduktpasses für Traktionsbatterien

© [M] Kia

Im Rahmen des „Green Deal“ der EU soll ein digitaler Batterieproduktpass eingeführt werden, einschließlich der Verfügbarkeit dynamischer Live-Daten während der Nutzung. In einem Pilotprojekt der TU Delft und dem Hyundai Motor Europe Technical Center, unter Beteiligung niederländischer Behörden (Zoll und RDW), TNO, ARN, Dukosi sowie Mobis und Kia Europe, in Kooperation mit dem EU-finanzierten Datapipeline-Projekt, konnten Erfahrungen mit dem Batteriezellpass in der Zusammenarbeit zwischen Industrie, Wissenschaft und Behörden gesammelt werden.

Die in der EU eingeführte Batterieverordnung verpflichtet Wirtschaftsakteure, die Batterien auf dem EU-Markt anbieten, zur Bereitstellung eines digitalen Batteriepasses [1]. Dies betrifft

zwangsläufig auch den Automobilsektor und damit europäische und ausländische Unternehmen, die Elektrofahrzeuge (Battery Electric Vehicles, BEVs) auf dem EU-Markt anbieten. Eine Herausforderung

für die betroffenen Unternehmen besteht darin, dass die Informationen im Batteriepass eine breite Palette von Datenpunkten abdecken müssen – darunter statische Daten über die Batterie, ihren Hersteller,

VERFASST VON



Dr. Stephan Revidat
ist Manager Battery Development bei der Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH in Rüsselsheim.



Dr. Boriana Rukanova
ist Senior Researcher an der Technischen Universität Delft (Niederlande).



Theodor Chirvisuta
ist Data Scientist bei TNO in Den Haag (Niederlande).

Materialzusammensetzung, Recyclinganteil sowie dynamische Daten wie den Ladezustand. Behörden und andere Parteien wie sogenannte Second-Use Manufacturers müssen auf diese Informationen zugreifen und sie für die Überwachung der Einhaltung von Vorschriften sowie zur Förderung der Kreislaufwirtschaft nutzen können.

Während sich andere Batteriepassprojekte hauptsächlich mit dem Verständnis der durch die Batterieverordnung geforderten Datenattribute oder der Lösung technischer IT-Herausforderungen beschäftigten, arbeitet das hier vorgestellte Projekt an einem realen Anwendungsfall mit Beteiligung von Unternehmen und Behörden. Dabei wurde ein Batteriezellpass in ein Fahrzeug implementiert, das nach der Produktion in Korea nach Europa importiert wurde. Das Pilotprojekt konzentrierte sich auf die Gewinnung von Erkenntnissen unter Berücksichtigung technischer und organisatorischer Aspekte. Es stellt den weltweit ersten Realversuch mit einem Batteriepass im Zusammenwirken von Industrie und Behörden dar.

AUFBAU DES PILOTPROjekTS

Zum gemeinsamen Sammeln von Erfahrungen mit dem Batteriepass in einem realen Pilotversuch wurde eine Kooperation unterschiedlicher Partner initiiert. Koordiniert wurde das Projekt von der Technischen Universität Delft (TU Delft) und dem Hyundai Motor Europe Technical Center. Die Untersuchungen wur-

den in Zusammenarbeit mit dem EU-finanzierten Projekt Datapipe durchgeführt [2], wobei der niederländische Zoll die Grenzbehörden vertrat. Auf Behördenseite war auch die Fahrzeugbehörde RDW für die Zulassung und Typgenehmigung beteiligt. Zusätzlich nahm die Organisation ARN teil, um die erweiterte Herstellerverantwortung bei Altfahrzeugen und BEV-Batterien in den Niederlanden abzudecken. Es wurde eine von TNO entwickelte semantische Testumgebung für den Datenaustausch genutzt, um den Behörden den Zugriff auf die Batteriepassdaten zu ermöglichen.

Auf Unternehmensseite gehörten zu den wichtigsten Beteiligten: Dukosi als Hersteller des Zellüberwachungschips, der die Zellpassinformationen enthält, Mobis als Anbieter des Infotainmentsystems, das mit dem Batteriezellpass verknüpft ist, das Hyundai Motor Europe Technical Center als technischer Forschungspartner für die Umsetzung des Pilotprojekts sowie Kia Europe als Hauptpartner für die Bereitstellung von Lieferketteninformationen.

Der physische Prozess gliedert sich in mehrere Phasen, **BILD 1**:

- Vorbereitung des Fahrzeugs und Ausstattung mit einem Zellpass in Südkorea
- Import und Zulassung des Fahrzeugs in der EU
- Nutzung des Fahrzeugs zur Datenerfassung während des Betriebs, insbesondere dynamischer Daten
- End-of-Life-Phase.

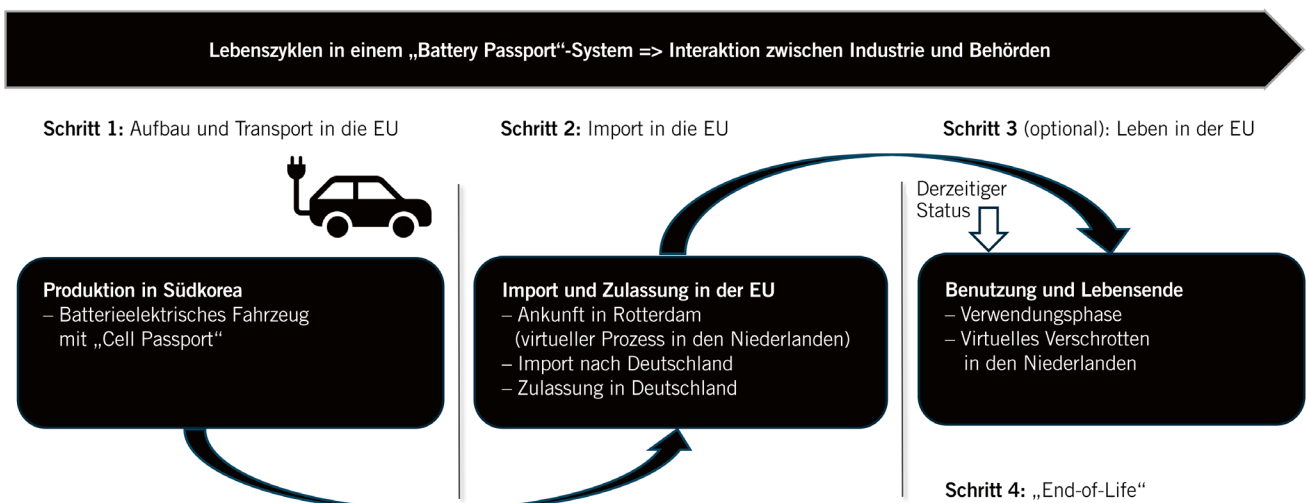


BILD 1 Überwachung mittels Batterieproduktpass (© TU Delft | Hyundai | TNO)

Datenattribute Batteriepass (Auszug aus Battery Pass Data Attributes Longlist [3])					Benutzeranforderungen
Nr.	BEV	Attributekategorie	Subkategorie	Attribute	Relevanz für Zoll-, Fahrzeug und/oder Marktüberwachungsbehörden
7	x	Allgemeine Batterie- und Herstellerinformationen	Allgemeine Merkmale	Batteriekategorie	Relevant für alle drei Stakeholder
8	x	Allgemeine Batterie- und Herstellerinformationen	Allgemeine Merkmale	Batteriegewicht	Relevant für alle drei Stakeholder
10	x	Konformität, Labels und Zertifizierungen	Konformität	EU-Konformitätserklärung	Relevant für alle drei Stakeholder
17	x	Batteriematerialien und -zusammensetzung	Materialien	Batterietechnologie	Relevant für zwei der drei Stakeholder
27	x	CO ₂ -Fußabdruck	CO ₂ -Fußabdruck	CO ₂ -Fußabdruck der Batterie	Relevant für zwei der drei Stakeholder

TABELLE 1 Nutzerbedarfe basierend auf [3] (x: obligatorisch gemäß Batterieverordnung, wie in der Longlist angegeben) (© TU Delft | Hyundai)

Inhaltlich wurden zwei Arbeitsgruppen gebildet, eine technische zur Bearbeitung technischer Aspekte und eine organisatorische zur Ermittlung der Informationsbedarfe der Stakeholder.

ANALYSE DER INFORMATIONSBEDARFE

Die organisatorische Gruppe wurde von der TU Delft geleitet. Ein wesentlicher Teil ihrer Arbeit bestand darin, die relevanten Informationen aus dem Batteriepass für die am Pilotversuch beteiligten Stakeholder zu identifizieren. Die Gruppe entschied, sich primär auf die Batterieverordnung zu konzentrieren. Als Ausgangspunkt wurde die sogenannte Battery Pass

Data Attributes Longlist [3] verwendet, da die darin enthaltenen Datenattribute auf der Batterieverordnung basieren. Die Stakeholder (Behörden sowie Organisationen mit Herstellerverantwortung) wurden gebeten, jene Datenattribute aus der Liste mit über 100 Elementen zu benennen, die sie für ihre Aufgaben als relevant erachten. Dabei wurde diskutiert, dass die Beteiligten keine Rechtsexperten sind, die Batterieverordnung noch nicht umgesetzt ist und ihre genauen Rollen noch unklar sind. Dennoch gaben sie auf Basis ihres Fachwissens ihre persönliche Einschätzung ab, welche Daten sie für ihre Aufgaben als relevant ansehen. **TABELLE 1** zeigt Beispiele der Nutzerbedarfe basierend auf der Battery Pass Data Attributes

Longlist. Diese Analyse bildete die Grundlage für die Einrichtung der Datenumgebung zum Austausch von Batteriepassinformationen.

BATTERIEPASSTECHNIK

Die größte Herausforderung bei der Umsetzung eines digitalen Passes besteht darin, alle Daten gleichzeitig verfügbar zu halten – einschließlich Daten aus Produktion, Spezifikation, Beschaffung und sogar Live-Daten. Daher müssen zwei Welten miteinander verbunden werden, die Batterie im Fahrzeug und ihre Verbindung zur Außenwelt. Als erste Lösung bietet hier das Zellüberwachungssystem von

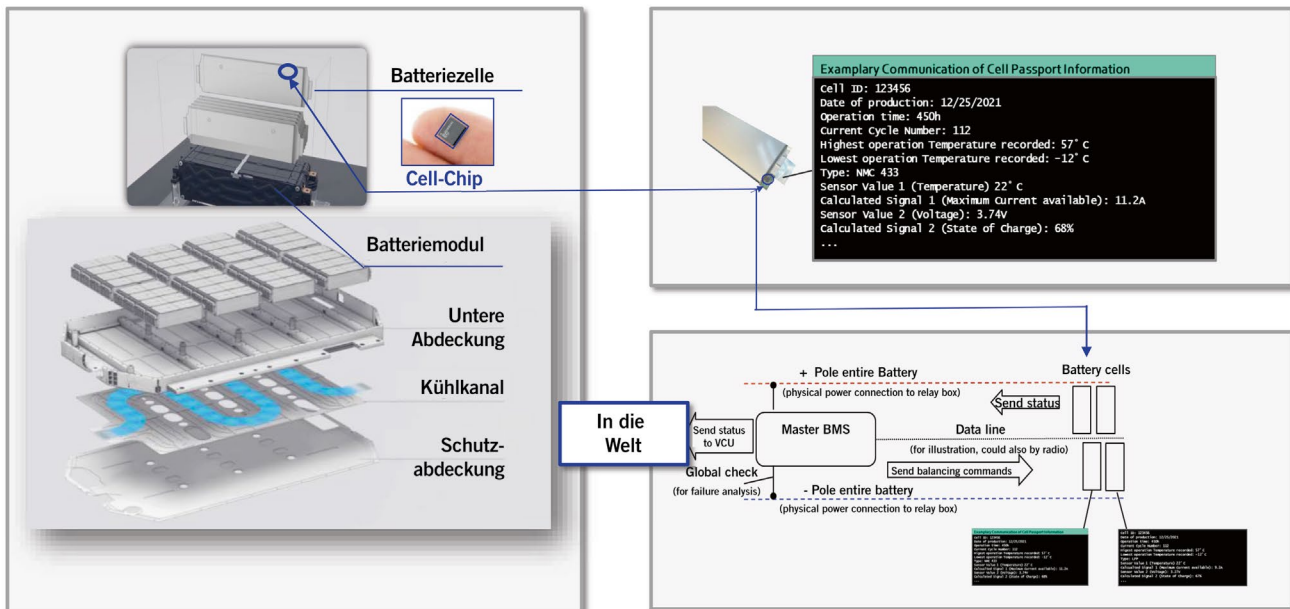


BILD 2 Technischer Ansatz des Batteriepasses im Fahrzeug (© Hyundai)

Dukosi mit dem Konzept des Batteriezellpasses einen passenden Ansatz.

Die Bereitstellung präziser Daten ist komplex. Die vermeintlich einfachste Lösung besteht darin, einen Server oder andere Lösungen (wie Blockchain) zu nutzen, die alle Informationen des Passes enthalten. Solche ersten Konzepte sind bei den zu Beginn veröffentlichten Passportprojekten zu sehen. Für diesen Versuch musste jedoch eine eigene Datenstruktur entwickelt werden. Das bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Datenattribute bereits definiert sind – vielmehr muss die konzeptionelle Frage geklärt werden, wie die Daten zugänglich gemacht werden sollen. Zur Lösung dieser Herausforderung wurde im Projektrahmen eine Gruppe gebildet, die sich auf technische Fragestellungen konzentrierte. Die Gruppe bestand aus Mitgliedern von TNO, Hyundai Mobis, Dukosi und dem Hyundai Motor Europe Technical Center (HMETC). Jede Partei brachte ein technisches Puzzlestück mit ein und die Bereitschaft, ein funktionierendes Passsystem zu entwickeln.

Zunächst musste ein System definiert werden, das als Träger aller Informationen dient. Die Zellüberwachungschip-Technik von Dukosi mit eingebettetem Zellpass war das erste verfügbare System für diesen Einsatz. Es ist in der Lage, alle relevanten Batteriedaten für einen Pass zu speichern und über ein eigenes Protokoll an einen Computer zu senden. Diese Funktion, einschließlich des drahtlosen Batteriemangements auf Basis von Nahfeldkommunikation, ermöglicht auch die automatische Aktualisierung der Informationen. Der Batteriepass erfordert demnach keine direkte menschliche Interaktion.

Der Pass wird durch die Summe aller Inhalte erzeugt. Das bedeutet, jede Zelle erhält einen eigenen Chip mit eindeutiger Kennung, der alle relevanten Informationen enthält. Der gesamte Batteriepass für dieses Fahrzeug ist dadurch präzise und stets aktuell. **BILD 2** zeigt diese Funktionalität im Überblick. Dies allein macht den Batteriepass jedoch nicht vollständig – die Verbindung der Daten mit der Außenwelt

stellt die nächste technische Herausforderung dar. HMETC übernahm als Anbieter des Testfahrzeugs die Führung bei dessen Vorbereitung.

DATENERZEUGUNG UND -PFLEGE

Um die Daten zu erfassen, sind weitere Schritte erforderlich. Insbesondere für eine Prüfung unter realistischen Bedingungen muss echte physische Hardware verwendet werden. Daher stellte Kia als Unternehmen der Hyundai Motor Group ein Fahrzeug (Kia EV3) als Versuchsträger zur Verfügung. In diesem Fahrzeug musste das Zellüberwachungssystem von Dukosi implementiert und mit dem Infotainmentsystem verbunden werden. Das System ermöglicht die Übertragung aller relevanten Daten über die Luftschnittstelle (Over the Air, OTA) an den TNO-Knoten des Datapipe-Projekts. Die TNO-Knoten bieten eine einfache Methode zur Anbindung an beliebige Informationsobjekte über eine Programmierschnittstelle.

Ein zentraler Schritt von Hyundai Mobis besteht darin, alle Batteriepass-

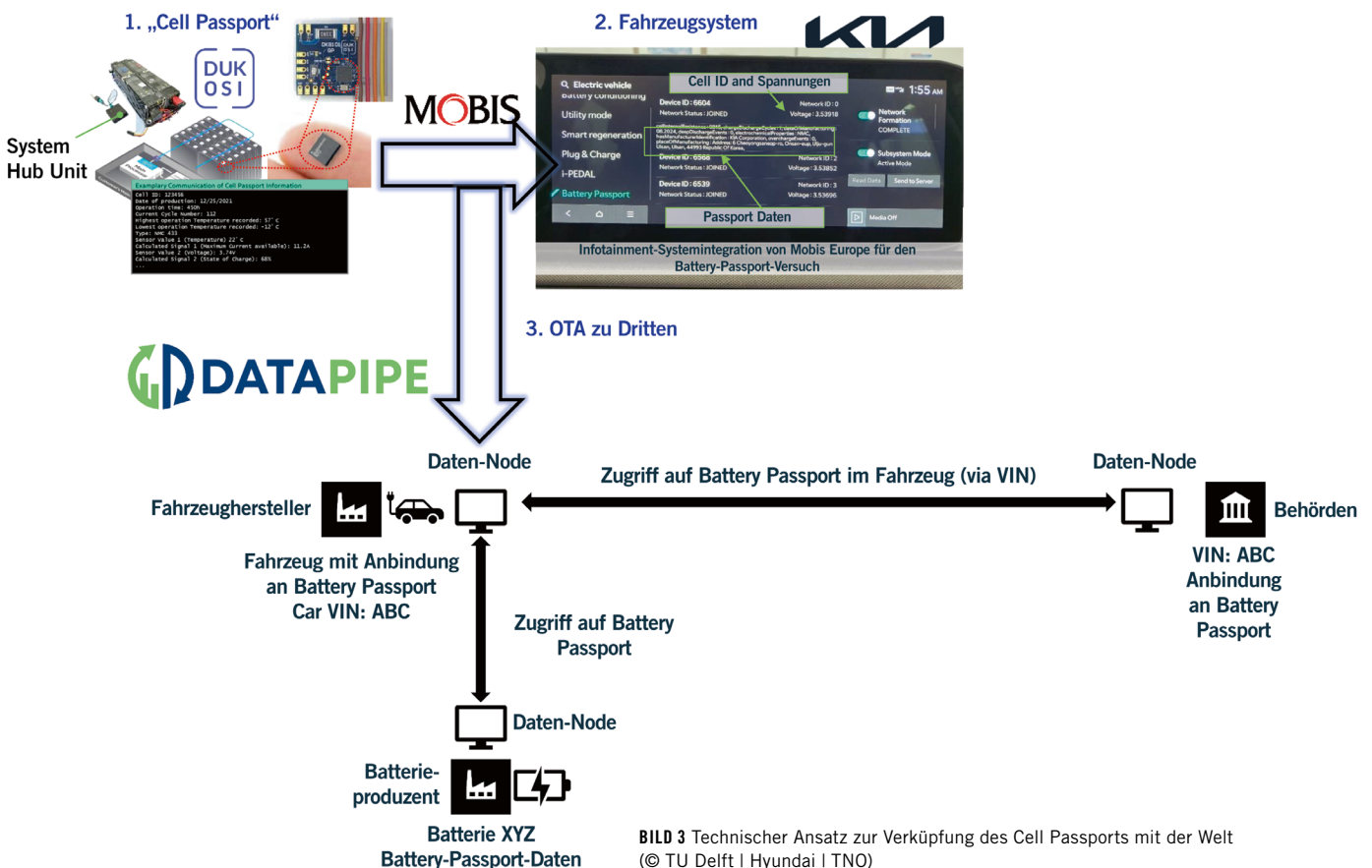


BILD 3 Technischer Ansatz zur Verküpfung des Cell Passports mit der Welt
(© TU Delft | Hyundai | TNO)

daten aus der Batterie zu nutzen und in das Informationssystem zu integrieren, **BILD 3**. Dabei steht eine einfache grafische Benutzeroberfläche zur Verfügung, um auf die Daten zuzugreifen. Im nächsten Schritt werden die Daten über die Kommunikationshardware des Fahrzeugs an die von TNO bereitgestellte Internetadresse (Node-URL) übertragen. Dort können die Daten von jedem mit dem Internet verbundenen Gerät oder einem eigenen Knoten geöffnet und eingesehen werden. Da Standardprotokolle und Visualisierungen verwendet werden, können insbesondere Sicherheits- und Haltbarkeitsstati überprüft werden. In einem Batteriepass-Ökosystem könnten diese Informationen genutzt werden, um das Vertrauen in Sicherheit und Langlebigkeit von BEV-Batterien zu erhöhen. Das Fahrzeug selbst ist heute voll funktionsfähig und wird weiterhin genutzt, um Funktionen in Zusammenarbeit mit niederländischen Behörden zu entwickeln.

TNO-NODE

Der TNO-Node wurde eingesetzt, um den administrativen Aufwand und die komplexe, nicht standardisierte Anbindung an Risikobewertungssysteme der Behörden zu reduzieren. Der TNO-Node stellt eine Implementierung des Open-Source-FEDeRATED-Nodes dar, der als Anwendung zum Machbarkeitsnachweis in einer Testumgebung auf Kubernetes bereitgestellt wurde [4]. Für diesen Pilotversuch wurden zwei Nodes verwendet – einer repräsentiert Hyundai Mobis, der andere die zuständigen Behörden. Da keine vertraulichen

Daten in der Infrastruktur freigegeben wurden, wurden die Vielseitigkeit und die einfache (Neu-)Konfiguration des FEDeRATED-Knotens getestet. Beide Datenknoten wurden aus einer bestehenden Kubernetes-Umgebung wiederverwendet, indem zwei spezifische Programmierschnittstellen-Konfigurationen auf dem Hyundai-Mobis-Knoten erstellt wurden – eine für statische Batteriepassdaten und eine für dynamische Daten [5].

Die Technik hinter dem Nodes ermöglicht eine einfache Integration mit jedem internetfähigen Gerät, denn die Kommunikationsschnittstelle vom Endnutzersystem zum Knoten basiert auf OpenAPI, und das akzeptierte Eingabeformat ist JSON. Gleichzeitig nutzt das System die Vorteile semantisch verknüpfter Daten. Zur einfacheren Anwendung der semantischen Techniken wurde eine Trennung der erforderlichen Expertise eingeführt. Ein anfänglicher Konfigurationsschritt erfordert begrenztes semantisches Wissen, um über die grafische Benutzeroberfläche eines Vokabular-Hubs (Semantic Treehouse im Pilotprojekt) eine Übersetzungsvorlage (in RDF Mapping Language (RML) geschrieben) zu erstellen [6]. Basierend auf dieser Konfiguration können Endnutzer JSON-Daten eingeben (kostengünstiger für die Integration in bestehende Systeme) und verknüpfte Daten mit Partnern teilen. Dieser Ansatz nutzt den geschäftlichen Mehrwert von Erweiterbarkeit, Flexibilität und Kombinierbarkeit semantisch verknüpfter Daten und begrenzt gleichzeitig die Einführungskosten für Endnutzer außerhalb der Behörden (wie Hyundai Mobis in diesem Pilotprojekt). Weitere Details

zu diesen Funktionen sind [7, 8] zu entnehmen. **BILD 4** zeigt eine Übersicht über die Komponenten der Dateninfrastruktur. Der Datenaustausch erfolgt wie folgt: Das Infotainmentsystem des Fahrzeugs sendet ein JSON-Paket an die Hyundai-Node-API, der semantisch konfigurierte Knoten wandelt die JSON-Daten in Tripel (RDF) um. Diese Tripel-Daten werden dann an den Behördenknoten weitergeleitet. Dort können die Behörden Prüfungen (Abfragesprache SPARQL) in den empfangenen Daten vornehmen, um die Einhaltung von Vorschriften zu überprüfen. Die technischen Konfigurationsdetails des Hyundai-Mobis-Nodes und die technische Nutzung der Dateninfrastruktur auf Behörden-seite sind auf der Datapipe-GitHub-Seite dokumentiert und erläutert [5].

STATUS DES BATTERIEPASS-PILOTPROJEKTS

Das Fahrzeug wurde nach fast sechsmonatiger Vorbereitung im November 2024 mit der gesamten relevanten Technik ausgestattet. Wie in **BILD 5** zu sehen ist, verließ das Fahrzeug Südkorea im Dezember 2024 und traf im Januar 2025 in Europa ein. Nach der Lösung anfänglicher Probleme mit der mobilen Netzverbindung war das Fahrzeug betriebsbereit und die Passdaten über eine Internetverbindung abrufbar. Die erste Bewertung durch Behörden wurde bereits durchgeführt. Weitere Tests sind geplant und werden durchgeführt. Da das Fahrzeug nach dem Pilotversuch für andere Zwecke weiter genutzt werden musste, war für die

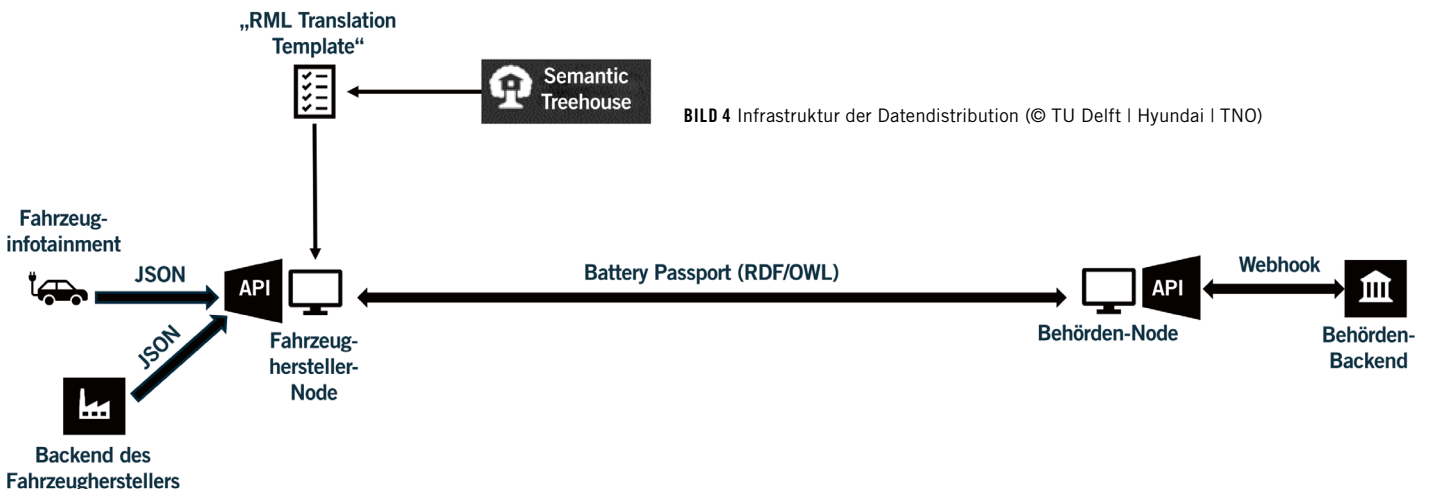


BILD 4 Infrastruktur der Datendistribution (© TU Delft | Hyundai | TNO)

letzte Phase des Projekts nur eine virtuelle Verschrottung vorgesehen. Ziel dieser virtuellen Verschrottung ist es, einen End-of-Life-Prozess zu simulieren, der für Organisationen mit erweiterter Herstellerverantwortung relevant ist, da sie die Entsorgung von Fahrzeugen und BEV-Batterien übernehmen müssen.

FAZIT

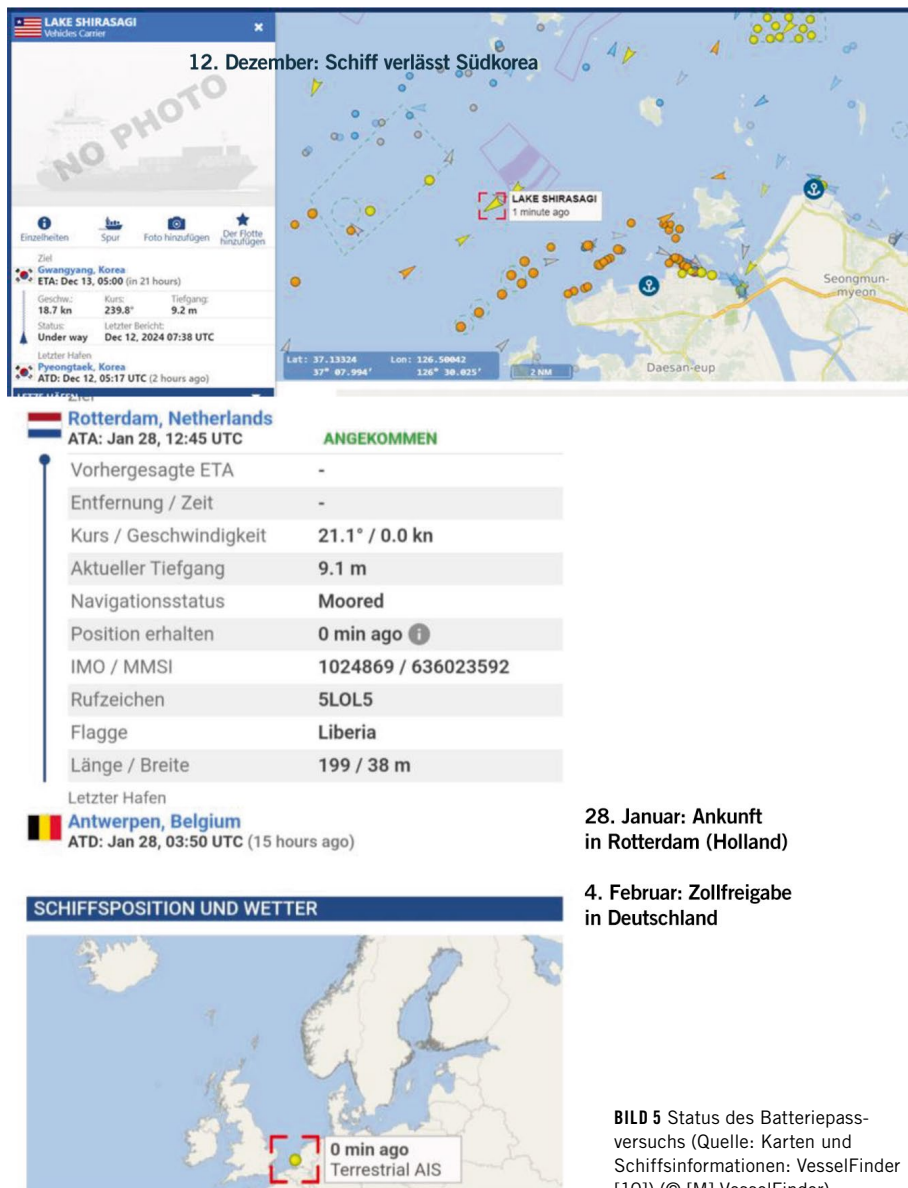
Digitale Produktpässe werden zukünftig verschiedene Produktgruppen sowie Geschäfts- und Behördenprozesse beeinflussen [9]. Batteriepässe gehören zu den komplexesten Formen der Umsetzung, insbesondere aufgrund der dynamischen Daten. Die techni-

schen und organisatorischen Erkenntnisse aus diesem realen Batteriezellpassversuch können für Unternehmen, Behörden und politische Entscheidungsträger im Kontext der Batteriepassentwicklung sowie in der breiteren Diskussion über digitale Produktpässe und deren Potenzial und Grenzen von großem Wert sein.

LITERATURHINWEISE

- [1] Europäische Union: Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC. Online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>, aufgerufen: 4. August 2025
- [2] TU Delft: Datapipe. Online: <https://www.tudelft.nl/datapipe>, aufgerufen: 4. August 2025

- [3] Systemiq (on behalf of the Battery Pass consortium): BatteryPass (2023) – Data Attributes Long List, v1.1, December 2023
- [4] GitHub: Kubernetes-BDI-Node. Online: <https://github.com/federatedplatforms/Kubernetes-BDI-Node>, aufgerufen: 4. August 2025
- [5] GitHub: Datapipe-demonstrator/semantic-interoperability. Online: <https://github.com/Datapipe-demonstrator/semantic-interoperability/tree/main/Ontologies/Battery%20Pass>, aufgerufen: 4. August 2025
- [6] Semantic Treehouse (Hrsg.): Digital Product Passport Vocabulary Hub. Online: <https://dpp.vocabulary-hub.eu>, aufgerufen: 4. August 2025
- [7] TU Delft: Datapipe project. Online: <https://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Channel/datapipe-project/watch/f3a9265c04e0449db155393c68dd80fc1d>, aufgerufen: 4. August 2025
- [8] Chirvasuta, T. et al.: Aligning the FEDeRATED Upper Ontology with Battery and Electronics Ontologies to Aid Circular Economy Monitoring in Practice. Future of Information and Communication Conference (FICC), Berlin, 2025
- [9] Circular: World's first battery passport comes on the Volvo EX90, powered by Circular. Online: <https://circular.com/articles/worlds-first-battery-passport>, aufgerufen: 28. August 2025
- [10] VesselFinder: Map. Online: <https://www.vesselfinder.com>, aufgerufen: 8. Oktober 2025



DANKE

Diese Forschung wurde teilweise durch das Datapipe-Projekt finanziert, das Mittel aus dem Programm „Technical Support Instrument (TSI)“ der Europäischen Union im Rahmen der Fördervereinbarung Nr. 101094495 erhalten hat. Die von den Autoren geäußerten Ideen und Meinungen spiegeln nicht unbedingt die Ansichten aller Partner wider. Die Autoren möchten den weiteren zentralen Teilnehmern der beteiligten Organisationen des Batteriepass-Pilotprojekts danken, namentlich: Norbert Kouwenhoven, Mitchell Out, Maarten Veltman und Marcel Molenhuis (Niederländischer Zoll), Mark Wortman und Gerard Boukes (RDW), Janet Kes (ARN), Elmer Rietveld und Sjoerd Rongen (TNO), Simon Gellineck sowie Timo Unger und Oliver Schmid (Hyundai Motor Europe Technical Center), Uday Dandamudi und Murali Dinakar (Hyundai Mobis), Markku Vaatanen (Dukosi), Haiko Müller und Magdalena Punshon (Kia). Die Autoren danken auch allen weiteren Personen und Teilnehmern, die den Pilotversuch in verschiedenen Phasen des Prozesses unterstützt haben – für ihre Beiträge, Unterstützung und ihr Feedback.

BILD 5 Status des Batteriepassversuchs (Quelle: Karten und Schiffsinformationen: VesselFinder [10]) © [M] VesselFinder



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.ATZelectronics-worldwide.com