

Softwaredefinierte Fahrzeuge: Digitale Infrastruktur, Datenräume und KI als Treiber

Vom Fahrzeug zum digitalen Service – Europas Weg zu einer vertrauenswürdigen und skalierbaren Mobilität

Von Juan I. Hahn, Gründer von HAHN Network und Leiter der eco Kompetenzgruppe Mobility im eco Verband der Internetwirtschaft e. V. Die Kompetenzgruppe bringt Experten aus Automobil-, Digital- und Mobilitätsbranche zusammen, um innovative Projekte zu fördern.

Auf der IAA Mobility 2025 in München zeigen Sessions wie „Software-Defined Vehicle Platform“ sowie Smart-Infrastructure-Demonstrationen zu 5G-Korridoren die Zukunft der Mobilität. Parallel dazu diskutiert am 12. September der EU-Strategiedialog zur Automobilindustrie, wie Europa bei der digitalen Transformation wettbewerbsfähig bleiben kann. Diese zeitliche Nähe verdeutlicht die enge Verbindung: Die Zusammenarbeit von Automobil- und Digitalwirtschaft treibt den Wandel entscheidend voran.

Digitale Transformation der Automobilbranche

Die Automobilbranche erfährt derzeit einen doppelten Wandel, Elektrifizierung und Digitalisierung. Durch das softwaredefinierte Fahrzeug (SDV) verlagert sich die Wertschöpfung zunehmend von Hardware zu Software, Daten und digitalen Diensten. Funktionen lassen sich nach dem Verkauf per Over-the-Air-Updates (OTA) erweitern, und Fahrzeuge werden zu festen Bestandteilen digitaler Ökosysteme.

Kurz gesagt: Das SDV verwandelt das Fahrzeug in ein digitales Endgerät, das Umsatz aus Software und Daten generiert.

Für Nutzer steigt dadurch der Komfort und die Sicherheit, von OTA neuer Funktionen bis hin zu personalisierten Fahrerlebnissen. Für Hersteller entstehen zusätzliche Einnahmen durch datengetriebene Dienstleistungen. Laut S&P Global Mobility (2024, „Connected Vehicle Data: Volume and Value Report“) erzeugen vernetzte Fahrzeuge etwa 25 Gigabyte Daten pro Stunde, die von mehr als 100 Sensoren und Systemen stammen. Dieses Potenzial kann jedoch nur genutzt werden, wenn Netze, Cloud, Datenräume, Interoperabilität, KI und Cybersecurity ganzheitlich zusammenspielen.

Netze und Konnektivität als Basis

Eine leistungsfähige digitale Infrastruktur ist Voraussetzung für SDV. Viele autonome Funktionen können ohne schnelle und stabile Internetverbindungen nicht optimal arbeiten, und Updates sowie Dienste benötigen Echtzeit-Kommunikation. Der Ausbau von Breitband- und 5G-Netzen ist daher entscheidend. Schon heute tauschen Fahrzeuge regelmäßig Daten mit Cloud-Servern aus, beispielsweise zur Aktualisierung von Navigationskarten oder für die vorausschauende Wartung.

Kurz gesagt: Ohne leistungsstarke Netze keine zuverlässigen SDV-Funktionen.

Mit dem Ausbau von 5G-Campusnetzen und perspektivisch 6G ab 2030 nimmt die Bedeutung der Konnektivität weiter zu, insbesondere für sicherheitskritische Anwendungen wie die Vehicle-to-

Everything-Kommunikation (V2X). Grand View Research (2025, „Vehicle-to-Everything Market Size Report“) prognostiziert für den V2X-Markt zwischen 2025 und 2030 eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) von 42,2 %. Andere Studien wie MarketsandMarkets (2023) liegen in ähnlichen Zeitfenstern bei rund 50 %, was Unterschiede in Segmentabgrenzung und Methodik widerspiegelt.

Cloud und Datenräume: Zentrale SDV-Infrastruktur

Die Cloud ist zentral für SDV. Sie verarbeitet große Datenmengen in Echtzeit und ermöglicht neue Dienste. Sicherheitsrelevante OTA werden zentral aus der Cloud gesteuert, Softwarestände der Fahrzeugflotten verwaltet und mit digitalen Zwillingen getestet. Allied Market Research (2024, „Automotive Cloud Market Outlook“) und Frost & Sullivan erwarten bis 2032 eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) von 14–16 % für den Automotive-Cloud-Markt.

Datensouveränität wird immer wichtiger. Der Data Act stärkt den Nutzerzugriff auf Fahrzeugdaten. Die EU-Kommission (COM(2025)95 „Industrial Action Plan for the European automotive sector“) prüft sektorspezifische Regelungen für Fahrzeugschnittstellen. Dezentrale, föderierte Datenräume wie der Mobility Data Space fördern nutzernahe Dienste. Zusätzlich sollten Multi-Cloud-Strategien und Exit-Klauseln Abhängigkeiten verringern.

Interoperabilität und offene Plattformen

Damit SDV ihr volles Potenzial entfalten, müssen isolierte Insellösungen überwunden werden. Gegenwärtige Betriebssysteme und Plattformen sind häufig inkompatibel, was zu ineffizienten Strukturen und Innovationshemmnissen führt.

Offene Standards wie AUTOSAR Adaptive, Eclipse SDV (2025, „Blueprint Release“), COVESA oder SOAFEE bieten hier Lösungen. Interoperabilität fördert Innovation, vergleichbar mit Smartphone-Ökosystemen, in denen Apps herstellerübergreifend funktionieren. Offene Schnittstellen und standardisierte Profile erleichtern den Aufbau herstellerunabhängiger Services, während Zertifizierungen und regelmäßige Audits Sicherheitsbedenken adressieren.

Beispiele erfolgreicher Initiativen und Partnerschaften: BMW und Microsoft arbeiten an Connected-Car-Plattformen auf Azure. Bosch investiert bis 2027 über 2,5 Milliarden Euro in KI-Kompetenzen (Bosch Tech Day 2025). SAP unterstützt Produktions- und Logistikprozesse mit RISE with SAP. Siemens stellt Industrial-Edge-Plattformen für KI-basierte Mobilitätsanwendungen bereit.

KI als Innovationsmotor

Ohne KI ist das SDV-Konzept kaum denkbar. KI steuert automatisierte Fahrfunktionen, vom Spurhalteassistenten bis zum autonomen Fahren, und ermöglicht intelligente Cockpits, vorausschauende Wartung und personalisierte Dienste. Edge Computing erlaubt KI-Entscheidungen direkt im Fahrzeug, zum Beispiel für Notbremsassistenten, wo Millisekunden entscheidend sind. Für den Automotive-KI-Markt prognostizieren aktuelle Studien ein starkes Wachstum. Grand View Research (2025) erwartet eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) von 23,4 % zwischen 2025 und 2030. NextMSC (2024) sieht sogar eine CAGR von 29,2 %. MarketsandMarkets (2025) liegt etwas konservativer bei 15,3 % für denselben Zeitraum. Diese Spannweite verdeutlicht die Dynamik und die Unsicherheiten bei der Marktentwicklung. Souveräne KI-Modelle, trainiert auf europäischen Datenräumen wie dem Mobility Data Space, könnten SDV-Funktionen unabhängiger von globalen Hyperscalern machen (COM(2025)95).

Kurz gesagt: KI ist das „Gehirn“ des SDV, sie macht Fahrfunktionen intelligenter und Europa wettbewerbsfähiger.

Ein Beispiel: Connected-Car-Daten ermöglichen vorausschauende Wartung durch Cloud-basierte KI-Analyse. Verschleiß wird frühzeitig erkannt, Werkstätten erhalten automatische Terminvorschläge. Pilotprojekte zeigen: Die Diagnose wird präziser, Ausfallzeiten sinken (Deloitte 2025, „Future of Automotive Workforce“).

Cybersecurity und Vertrauen

Je digitaler Fahrzeuge werden, desto wichtiger wird die Cybersecurity. SDV bieten viele Vorteile, sind aber auch anfälliger für Hackerangriffe. Mehr Software bedeutet eine größere Angriffsfläche.

Kurz gesagt: Mehr Software bedeutet mehr Angriffsfläche, Vertrauen braucht durchgehende Cybersecurity.

Seit Juli 2022 gelten in Europa neue Cybersicherheits- und Update-Standards (UNECE R155, R156 sowie ISO/SAE 21434 und ISO 24089). Strukturierte Risikoanalysen, geregelte Update-Prozesse und Nachweise entlang der Lieferkette sind zwingend notwendig. KI-gestützte Angriffserkennung und Ende-zu-Ende-Verschlüsselung schützen SDV vor Bedrohungen. SBOM sorgt zudem für Transparenz in der Lieferkette und minimiert Sicherheitsrisiken. Zusätzlich sollten Unternehmen Krypto-Agilität aufbauen und die Einführung post-quantensicherer Verfahren vorbereiten, zum Beispiel durch Migrationspfade, Schlüsselrotation und Testumgebungen für Post-Quantum-Kryptografie.

Realitätscheck: Hürden und Zielkonflikte

Trotz aller Chancen birgt die SDV-Transformation auch erhebliche Herausforderungen:

- **Kosten und Komplexität.** Der Übergang zu zonalen E/E-Architekturen, neuen Softwareplattformen und OTA-Toolchains erfordert hohe Vorleistungen. Kurzfristig steigen TCO und Organisationskomplexität, der ROI hängt von der Marktdurchdringung softwarebasierter Erlöse ab.
- **Abhängigkeiten.** Cloud-Lösungen schaffen Geschwindigkeit, erhöhen aber auch das Risiko von Lock-in-Effekten. Multi-Cloud-Strategien, Exit-Klauseln und offene Schnittstellen sind zentrale Gegenmaßnahmen.
- **Zielkonflikte.** OTA-Geschwindigkeit kollidiert mit Safety-Freigaben, Datenmonetarisierung mit Datenschutz, Offenheit mit IP-Schutz. Diese Spannungen erfordern transparente Governance und klare Leitplanken.

Globale Wettbewerbsdynamiken

Europa steht im Wettbewerb mit USA und Asien. In den USA treiben Tech-Unternehmen SDV-Stacks, Cloud-Ökosysteme und Chips eng verzahnt voran. In China wachsen integrierte Software- und Hardwareplattformen schnell, auch durch Skalenvorteile. Europas Differenzierungsfelder sind Vertrauenswürdigkeit, Sicherheit, Datensouveränität und Interoperabilität. Partnerschaften über Branchen und Länder hinweg bleiben entscheidend.

Risiken und Gegenmaßnahmen

Risiko	Gegenmaßnahme
Datenschutz	Privacy by Design, transparente Einwilligungsprozesse, Pseudonymisierung
Proprietäre Bindungen	Offene Schnittstellen, Multi-Sourcing, Interoperabilitäts-Auflagen
Finanzierung	Mischfinanzierung, CEF, national, privat, priorisierte Abschnitte, Meilenstein-Monitoring
Fachkräftemangel	Upskilling-Programme, gezielte Rekrutierung, Automotive-Spezialisierung für IT-Professionals
EU-Koordination	Pilot-First-Ansatz, Standardprozesse, beschleunigte Rechtssetzung
Hyperscaler-Abhängigkeit	Multi-Cloud, Exit-Szenarien, Datenportabilität, offene Schnittstellenprofile
Legacy-Komplexität	Migrationspfad zur zonalen E/E, Produktlinien-Roadmap, klare Sunset-Kriterien
Safety vs. Agilität	Staged Rollouts, Feature Flags, Blue-Green-OTA, SBOM, abgestimmte Freigabeprozesse
TCO und Business Case	Stage-Gate mit NPV und Payback, Service-Attach-Rate, End-to-End-Kostenrechnung
Krypto-Agilität	PQC-Fahrplan, Crypto-Inventory, Schlüsselrotation, hybride Verfahren

Empfehlungen mit Messpunkten

- **Offene Schnittstellen** (Kommission und Parlament): EU-Rechtsakt bis 2026; KPI: 60 % neue Fahrzeugtypen mit zertifizierter API nach einheitlichem Profil ab 2027
- **Datenräume** (Kommission und Industrie-Konsortien): Governance-Rahmen bis 2026; KPI: Verdopplung produktiver Datensätze bis 2028
- **5G auf TEN-T** (Mitgliedstaaten und Netzbetreiber): 75 % bis 2027, 90 % bis 2029; KPI: Abdeckung je Streckenabschnitt, Verfügbarkeit >99 %, mittlere Latenz <20 ms, Paketverlust <0,1 %
- **Grenzüberschreitende Sandboxes** (Kommission und Mitgliedstaaten): 5 Pilotprojekte bis 2027; KPI: veröffentlichte Evaluationen, abgeleitete Standards, Überführung in Regelwerk
- **KMU-Einbindung** (Industrie-Allianzen und Regulierer): Offene Spezifikationen bis 2026; KPI: Anteil kleinerer Unternehmen in SDV-Allianzen von aktuell unter 20 % auf über 35 % steigern
- **Finanzierungspfad** (EU, Mitgliedstaaten, Industrie): Blended Finance über CEF, IPCEI und private Mittel mit Meilensteinen; KPI: Anteil der Vorhaben mit Mischfinanzierung und Payback in 3 bis 5 Jahren
- **EU-Referenzprofil SDV-APIs v1.0** (Industrie und Standardisierung): Einheitliche Mindestprofile für Fahrzeug-, Daten- und Sicherheits-Schnittstellen; KPI: mindestens drei konforme Referenzimplementierungen bis 2027
- **KI-gestützte API-Entwicklung** (Industrie und Forschung): Nutzung von KI-Tools zur automatisierten Analyse und Optimierung von SDV-Schnittstellen; KPI: Pilotprojekt mit KI-generierten API-Profilen bis 2028

- **PQC-Roadmap** (Industrie und Regulierer): Migrationspfad zu post-quantensicheren Verfahren in Backends, OTA und V2X; KPI: zwei produktive Pilotpfade bis 2028, inklusive Krypto-Agilitäts-Playbook

Fazit: Zusammenarbeit als Schlüssel zum Erfolg

Die Automobilbranche liefert unverzichtbare Domänenexpertise, während die Internet- und Digitalwirtschaft Technologien wie Netze, Cloud, Datenräume, Interoperabilität, KI und Cybersecurity bereitstellt. Nur gemeinsam können sie dieses Potenzial ausschöpfen und damit die Voraussetzungen schaffen, dass SDV in Europa verlässlich skalieren und die Wettbewerbsfähigkeit langfristig sichern.

Glossar wichtiger Fachbegriffe

- **OTA (Over-the-Air-Updates):** Drahtlose Software-Updates für Fahrzeuge, ohne Werkstattbesuch.
- **V2X (Vehicle-to-Everything):** Kommunikation von Fahrzeugen mit anderen Fahrzeugen, Infrastruktur oder Geräten.
- **CAGR (Compound Annual Growth Rate):** Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate über einen Zeitraum.
- **SBOM (Software-Bill-of-Materials):** Liste aller Software-Komponenten, sorgt für Transparenz und Sicherheit.
- **PQC (Post-Quantum-Cryptography):** Verschlüsselungsverfahren, die auch gegen Angriffe durch Quantencomputer resistent sind.
- **Krypto-Agilität:** Fähigkeit, kryptografische Verfahren flexibel zu wechseln, um auf neue Bedrohungen zu reagieren.

Methodik- und Quellenhinweis

CAGR-Werte unterscheiden sich je nach Segmentdefinition, Region und Betrachtungszeitraum. Wo Spannweiten genannt sind, spiegeln sie die Bandbreite verschiedener Studien wider.

Quellen: 1. EU-Kommission: COM(2025)95, „Industrial Action Plan for the European automotive sector“, 5. März 2025, EUR-Lex. 2. UNECE: Regelungen R155/R156 zu Cybersecurity und Software-Updates, Anwendung ab 07/2022 und 07/2024. 3. ISO/SAE: ISO/SAE 21434:2021 (Cybersecurity Engineering) und ISO 24089:2023 (Software-Update-Prozesse). 4. S&P Global Mobility (2024): „Connected Vehicle Data: Volume and Value Report“. 5. Grand View Research (2025): „Vehicle-to-Everything Market Size Report“. 6. MarketsandMarkets (2023): „Automotive AI Market Forecast“. 7. Allied Market Research (2024): „Automotive Cloud Market Outlook“. 8. Frost & Sullivan (2024): Automotive-Cloud-Prognosen. 9. Deloitte (2025): „Future of Automotive Workforce“. 10. Bosch: Tech Day 2025, Investitionen >2,5 Mrd. Euro in KI-Software bis 2027. 11. SAP: RISE with SAP für Produktions- und Logistikprozesse, Beispiel BMW Group 2025. 12. Siemens: Industrial-Edge-Plattformen für Echtzeit-Analytik und KI in Industrie- und Mobilitätsanwendungen. 13. Eclipse Foundation (2025): „SDV Blueprint and API Framework“. 14. SDVoF Roadmap (2025): EU-Initiative zur Entwicklung gemeinsamer SDV-Bausteine und Schnittstellen.