

# AutoTech-Revolution

## Die digitale Transformation der Mobilität

Kompetenzträger der Region DiSerHub Ost gestalten die Innovationen von morgen







# Liebe Leserinnen und Leser,

Die Automobilindustrie steht vor einer Transformation, die unsere Vorstellungen von Mobilität grundlegend verändert. Digitale Technologien und neue Geschäftsmodelle schaffen immense Potenziale, stellen jedoch zugleich etablierte Strukturen auf die Probe. Um diese Chancen zu nutzen und die Herausforderungen zu bewältigen, braucht es gezielte Strategien und starke Netzwerke. Genau hier setzt das Projekt **DiSerHub an**: Ein deutschlandweites Netzwerk von Transformationszentren, das Akteure der Automobilbranche dabei unterstützt, digitale Services und nachhaltige Geschäftsmodelle erfolgreich zu gestalten..

Die **Strategie** des DiSerHub basiert auf vier zentralen Funktionen, die die Transformation aktiv vorantreiben: Wissensbereitstellung, Vernetzung, Skalierung und der Rückfluss von Praxisanforderungen in die Forschung. Dieses Konzept wird durch die Expertise der regional verorteten Partner getragen. In jeder der fünf automobilstarken Regionen Deutschlands – West, Nord, Südwest, Südost und Ost – bündeln führende Institutionen ihre Kompetenzen und Netzwerke, um regionale Stärken zu fördern und gleichzeitig überregionale Synergien zu schaffen. Für die Region Ost übernimmt der **Hub-Ost**, unter der Leitung des Chemnitz Automotive Institute (CATI), angesiedelt an der TUCed GmbH, diese Schlüsselrolle.

Besonders die Region Ost profitiert von einem dichten Netzwerk an Kompetenzpartnern, die in dieser Ausgabe des Magazins sichtbar gemacht werden. Jeder Partner bringt spezifische Stärken ein, um Akteuren der Automobilbranche praxisnahe Unterstützung zu bieten. Ob OEMs, Zulieferer oder KMUs – durch maßgeschneiderte Transferformate und Innovationsprojekte werden die Herausforderungen des digitalen Wandels in greifbare Chancen verwandelt. So entwickeln und implementieren die regionalen Partner Lösungen in Schlüsselbereichen wie Elektromobilität, datengetriebenen Geschäftsmodellen, Car-IT und autonomem Fahren.

Das Chemnitz Automotive Institute (CATI) agiert dabei als Brücke zwischen Forschung, Wirtschaft und Politik. Mit einem Fokus auf **Elektromobilität, autonomes Fahren und digitale Services** unterstützt der Hub-Ost Unternehmen und Institutionen gezielt bei der Bewältigung des digitalen Strukturwandels. Führungskräfte und Fachkräfte erhalten Zugang zu berufsbegleitenden Studiengängen und branchenspezifischen Zertifikatskursen, während praxisorientierte Erlebnisumgebungen den Wissenstransfer erleichtern. Für KMUs bietet das CATI innovative Ansätze, um digitale Technologien effizient in ihre Prozesse zu integrieren und so ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu sichern.

Die Stärke des Hubs-Ost liegt jedoch nicht nur in seinen Schwerpunkten, sondern in der Vielfalt und Kompetenz seiner regionalen Partner. Diese stellen sich in den nächsten Seiten vor und zeigen, wie sie durch ihr Fachwissen und ihre Netzwerke die Transformation der Automobilindustrie aktiv mitgestalten. Die zehn zentralen Themenschwerpunkte, die im Fokus dieser Ausgabe stehen, spiegeln das breite Spektrum an Innovationen und Potenzialen wider, die die Region Ost prägen. Von datengetriebenen Geschäftsmodellen über smarte Mobilitätslösungen bis hin zu neuen Formen der Zusammenarbeit entlang der automobilen Wertschöpfungskette – die Region zeigt, wie zukunftsweisend und lösungsorientiert der Wandel gestaltet werden kann.

Für Sie, die Akteure der Automobilbranche, Technologiedienstleister, Zulieferer und Entscheider in Politik und Wirtschaft, bietet DiSerHub und insbesondere der Hub-Ost die Möglichkeit, Teil dieser Transformation zu werden. Lassen Sie sich von den folgenden Artikeln inspirieren. Entdecken Sie die Kompetenzen der regionalen Partner und erleben Sie, wie wir gemeinsam eine nachhaltige, innovative und vernetzte Mobilität der Zukunft gestalten können.

Ihr DiSerHub-Team des Chemnitz Automotive Institute (CATI)





6 Leitartikel: CASE – Basis für digitale Services in der Automobilindustrie

10 CarIT-Strategien im Detail – Software-Driven Car als Treiber neuer Geschäftsmodelle

13 CADA – Gemeinsam in die Zukunft des automatisierten Fahrens

17 E-Mobility – Neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie



## Impressum

AutoTech-Revolution – Kompetenzträger der Region DiSerHub Ost gestalten die Innovationen von morgen  
· DiSerHub Top 10 Magazin · Heft 5 · Projekt DiSerHub – FIR e. V. an der RWTH Aachen · Campus-Boulevard  
55 · 52074 Aachen · E-Mail: projekt-DiSerHub@fir.rwth-aachen.de · diserhub.de

**Design/Satz:** FIR e. V. an der RWTH Aachen / TUCed - An-Institut für Transfer und Weiterbildung GmbH

**Autoren:** Prof. Dr. Stephan Odenwald (Ed.), Chaytania Mahajan, Prof. Dr. Werner Olle, Dr. Daniel Plorin,  
Dr. Gert Schlegel, Dr.-Ing. Stefan Schwanitz

**Bildnachweise:** Titelbild, S. 1: © Fokke Baarssen – stock.adobe.com; S. 2-3: © Anna – stock.adobe.com;  
S. 4, S. 6: © InfiniteFlow – stock.adobe.com; S. 4, S. 13: © Jammer Gene – stock.adobe.com; S. 5, S. 20:  
© Stock57 – stock.adobe.com; S. 5, S. 34: © Александр Марченко – stock.adobe.com; S. 17: © Viktoriia –  
stock.adobe.com; S. 19: © toeytoey – stock.adobe.com; S. 23: © sizsus – stock.adobe.com; S. 26: © Avelino  
– stock.adobe.com; S. 27: © Who is Danny – stock.adobe.com; S. 29: © Kenishirotie – stock.adobe.com;  
S. 30: © Svitlana – stock.adobe.com; S. 33: © KI-generiert mit Perplexity Pro; S. 39: © afridwi – stock.adobe.  
com;

**KI-Transparenzhinweis:** Beim Verfassen einiger Beiträge zu diesem Heft haben die Autor\*innen an wenigen  
Textstellen KI-Tools verwendet, um Verbesserungsvorschläge zu erhalten. Diese wurden von den Autor\*innen  
dann noch überarbeitet. Zudem wurden teilweise KI-basierte Tools zur digitalen Literaturrecherche genutzt.



Open Access: Diese Veröffentlichung wird unter der Creative-Commons-Lizenz „CC BY-SA – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0)“ (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>) veröffentlicht.

## Zuwendungsgeber:

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Förderkennzeichen:** 16THB0004A

**Laufzeit:** 01.09.2022 – 31.12.2025

**Projekträger:**



VDI / VDE Innovation + Technik GmbH



20 HZwo e. V. – Internationales  
Wasserstofftechnologiecluster

23 Special In-Car Services:  
Automotive Health

27 Cybersicherheit in Fahrzeugen



31 LRP - Kompetenz Im Bereich Smart  
Batterie-Recycling

34 Driving the Future

39 Einbeziehung von Intentionen in die  
Trajektorienplanung autonomer  
Fahrzeuge

# Leitartikel: CASE – Basis für digitale Services in der Automobilindustrie

**D**er CASE-Ansatz von Mercedes-Benz ist eine strategische Leitlinie, die 2016 vorgestellt wurde, um die großen Zukunftstrends der Automobilbranche zu bündeln.

**Autoren:**

**Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald &  
Prof. Dr. Werner Olle**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)



## CASE steht für:

### 1. Connected – Vernetzte Fahrzeuge

Fahrzeuge sollen umfassend digital vernetzt sein. Beispiele sind die Plattform Mercedes me, die Kunden über Apps und Online-Dienste Zugriff auf personalisierte Services bietet. Vernetzung umfasst auch Car-to-Car- und Car-to-Infrastructure-Kommunikation.

### 2. Autonomous – Autonomes Fahren

Entwicklung von Technologien für selbstfahrende Fahrzeuge. Mercedes setzt hier auf Sensor Fusion, also die intelligente Kombination von Kameras, Radar und Ultraschall, um automatisierte Fahrfunktionen zu ermöglichen.

### 3. Shared & Services – Geteilte Mobilität

Flexible Nutzung statt Besitz: Carsharing (z. B. car2go, heute Teil von SHARE NOW), Ride-Hailing (z. B. mytaxi, jetzt FREE NOW) und Mobilitätsplattformen wie moovel. Ziel ist, Mobilität als Dienstleistung anzubieten.

### 4. Electric – Elektrische Antriebe

Fokus auf Elektromobilität unter der Marke EQ. Dazu gehören batterieelektrische Fahrzeuge, Plug-in-Hybride und Brennstoffzellenfahrzeuge sowie Infrastruktur wie Lade- und Energiespeicherlösungen.

## Die Idee dahinter:

Diese vier Bereiche sind die Treiber der Transformation in der Automobilindustrie. Mercedes-Benz wollte damit eine klare Vision für die Zukunft schaffen und sich als Innovationsführer positionieren (Luxembourg, 2019).

Alle vier Strategieelemente werden in der gesamten Branche zeitgleich verfolgt, auch wenn auf der Zeitachse die Themen Elektromobilität und Vernetzung von vorrangiger Priorität sind (Raasch, 2025; Proff, 2024).

Die strategische Neupositionierung der Automobilindustrie hin zu Elektromobilität, Digitalisierung und neuen Mobilitätskonzepten ist mit erheblichen finanziellen Investitionen verbunden. Führende Hersteller wie Volkswagen, Mercedes-Benz und BMW investieren Milliardenbeträge, um ihre Wettbewerbsfähigkeit in einer zunehmend technologiegetriebenen Branche zu sichern.

Volkswagen hat seine Investitionen in Zukunftstechnologien in den letzten Jahren massiv erhöht. Während die Planungsrunde 2019–2023 noch 44 Milliarden Euro vorsah, stieg die Summe in der Planungsrunde 2022–2026 auf 89 Milliarden Euro. Besonders auffällig ist die Vervielfachung

der Mittel für Digitalisierung: von 4 Milliarden Euro auf 30 Milliarden Euro im gleichen Zeitraum. Damit unterstreicht Volkswagen die strategische Bedeutung digitaler Dienste und Softwarelösungen für die Mobilität der Zukunft (Volkswagen Group, 2020).

Auch Mercedes-Benz verfolgt eine umfassende Digitalisierungsstrategie. Mit dem Programm „Next Level Production“ setzt der Konzern auf digitale Zwillinge, KI-Anwendungen und Automatisierung, um seine Produktionsnetzwerke effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Diese Maßnahmen sind Teil einer langfristigen Investitionsoffensive, die den Umbau der Werke und die Einführung neuer Elektroarchitekturen wie MB.EA umfasst (Mercedes-Benz Group, 2025).

BMW investiert ebenfalls stark in digitale Technologien. Die „iFACTORY“-Strategie basiert auf den Säulen Data Science, künstliche Intelligenz und Virtualisierung. Ziel ist es, Produktionsprozesse mithilfe digitaler Zwillinge zu optimieren und die Einführung der neuen Fahrzeugplattform „Neue Klasse“ vorzubereiten. Diese Investitionen sollen die Effizienz steigern und die Grundlage für eine vollständig vernetzte Produktion schaffen (Hill, 2025).

Die hohen Investitionen verdeutlichen: Digitalisierung und Elektromobilität sind nicht nur technologische Trends, sondern entscheidende Faktoren für die Zukunftsfähigkeit der Automobilindustrie.

## Wo stehen wir heute in Bezug auf die vier Elemente von CASE?

### Connected

Die Vernetzung und das Internet im Automobil sind zentrale Treiber neuer Geschäftsmodelle. Fahrzeuge werden zunehmend zu digitalen Plattformen, die über Cloud-Dienste, Sensoren und Mobilfunknetze Daten austauschen. Für Hersteller entstehen durch diese „Car2X“ (zu dt. Auto-zu-Allem) Konnektivität neue Wertschöpfungspotenziale durch abonnementbasierte Services, datengetriebene Anwendungen und Plattformökonomien.

Car2X ermöglicht allgemeine Mobilitätsdienste wie Echtzeit-Navigation, Parkplatz- und Ladesäulensuche oder „mobility-on-demand“ (z.B. im Rahmen von Car-sharing Modellen). Revolutioniert werden durch die Vernetzung des Fahrzeugs auch auf das einzelne Fahrzeug digitale Services wie z.B. „Over-the-Air-Updates“ der Onboard-Software, „Functions-on-demand“ (Zusatzfunktionen werden aus der Ferne dauerhaft oder temporär freigeschaltet), Fahrzeugdiagnose (präventiv oder im Fall einer Störung) oder ein innovatives Flottenmanagement. Weiterhin kann aber nicht nur der Zustand des Fahrzeuges diagnostiziert werden, sondern auch Faktoren, die mit der Sicherheit des Fahrers und der Passagiere in Zusammenhang stehen, wie beispielsweise die Überwachung von Vi-

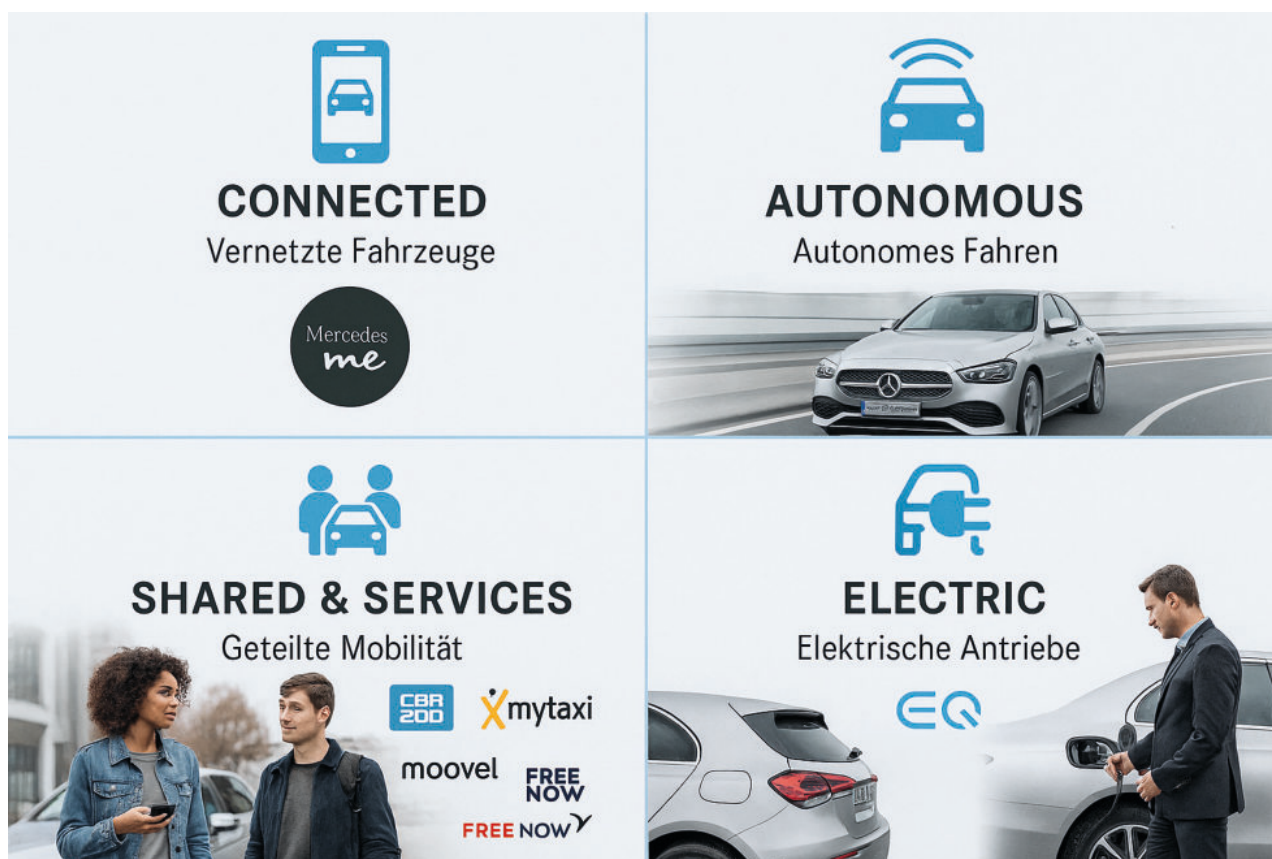


Abbildung 1: Bestandteile von CASE (KI-generiert mithilfe Copilot, 24.11.2025)

talfunktionen und Gesundheitszustand („Automotive health“).

Unter Berücksichtigung der CASE-Dimension „Autonomous“ kommt zusätzlich personalisierten Infotainment-Angebote stetig wachsende Bedeutung zu. Eine wachsende Anzahl an Assistenzfunktionen gibt Fahrzeuginsassen immer mehr Freiraum für Betätigungen, die nicht unmittelbar mit dem Steuern eines Fahrzeugs zu tun haben. Beispiele sind hier digitale Services für die Passagiere wie z.B. die Nutzung des Fahrzeugs als mobiles Büro oder Infotainment-Angebote Ausbau wie Streaming-Dienste für Audio und Video, „in-car-shopping“ etc.

Vernetzte Fahrzeuge schaffen Mehrwert für Sicherheit, Komfort und Unterhaltung und verändern die traditionelle Automobilindustrie grundlegend. Geschäftsmodelle wie Car-sharing, datenbasierte Wartung und digitale Zusatzdienste sind direkte Folgen dieser Entwicklung (Bosler, Burr & Ihring, 2018). Insofern besteht eine enge Verknüpfung mit der CASE-Dimension „Sharing & Services“.

### Autonomous

Der Stand des autonomen Fahrens in Deutschland und Europa ist geprägt von Fortschritten, aber auch Herausforderungen. Deutschland hat als erstes Land weltweit einen Rechtsrahmen für hochautomatisierte Fahrzeuge geschaffen. Systeme wie Mercedes-Benz „Drive Pilot“ (Level 3) sind zugelassen, jedoch nur unter bestimmten Bedingungen, etwa auf Autobahnen bis 95 km/h. EU-weit existiert ein Regelungsgerüst für Level-3-Fahrten, während Level-4 nur in klar definierten Bereichen erlaubt ist. Vollautonome Fahrzeuge (Level 5) sind noch Zukunftsmusik. Technische Komplexität, hohe Kosten und gesellschaftliche Akzeptanz bremsen die flächendeckende Einführung. Pilotprojekte laufen, aber ein breiter Einsatz wird Jahre dauern (Zinn, 2025).

### Shared & Services

Das Geschäftsmodell der Automobilindustrie ist traditionell durch hohe Hardware-Kompetenz und den Fahrzeugverkauf (incl. After-Sales Geschäft) geprägt, durch den die Branche ihre Erlöse und Erträge erwirtschaftet.



Künftig wird der Fahrzeugabsatz nachfragebedingt nur noch moderat wachsen und sich auch das After-Sales Geschäft durch Elektromobilität und Digitalisierung intensiv verändern. Laut einer McKinsey-Analyse wird der Markt für Shared Mobility und datenbasierte Dienste bis 2030 massiv wachsen. McKinsey prognostiziert, dass Shared Mobility (inkl. Carsharing, Ride-Hailing und Robo-Taxis) bis 2030 Umsätze von bis zu 1 Billion US-Dollar generieren könnte. Zudem wird der Wertpool aus Fahrzeugdaten und Konnektivitätsdiensten auf bis zu 750 Milliarden US-Dollar geschätzt. Zusammen könnten diese neuen Geschäftsmodelle einen erheblichen Anteil am Gesamtumsatz der Automobilbranche ausmachen – deutlich über 20 %.

Das mit Abstand größte Umsatzpotential bei den neuen automobilen Services wird jedoch im Bereich der Smart Mobility Services (Car- und Ride-sharing, Ridehailing u.a.) erwartet. Für einige dieser Dienste wie z.B. dem Ridehailing (= Fahrdienste) wird allerdings die weitere Entwicklung beim autonomen Fahren eine wesentliche Rahmen- und Erfolgsbedingung sein.

Nahezu alle Automobilhersteller sind daher in der Entwicklung und Erprobung von Fahrzeugen für das autonome Ridehailing und Ridepooling engagiert (wie z.B. die VW Tochter Moia mit VW-Nutzfahrzeuge in Vorbereitung von Erst-Anwendungen für autonome Robo-Taxis ab 2025 mit dem elektrischen ID.Buzz). Auch Mobilitätsdienstleister sind in Kooperation mit Technologieführern dabei, solche Konzepte pilotweise umzusetzen (wie z.B. Sixt in Kooperation mit Mobile Eye in München).

Einige dieser neuen Möglichkeiten für digitale Services in der Nutzungsphase des Autos werden im weiteren Fortschritt des Projekts DiSerHub weiter konkretisiert.

### Electric

Bei der Elektromobilität sind (zumindest in Europa) entsprechende regulative Auflagen und Ziele zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz ein wesentlicher Wegbereiter für eine beschleunigte Trendwende. So dürfen ab dem Jahr 2035 in der Europäischen Union nur noch emissionsfreie Neuwagen zugelassen werden, was faktisch das Ende von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor bedeutet (Europäisches Parlament, 2023).

### Fazit:

Aus dem einst geschlossenen produktzentrierten Öko-System der Automobilindustrie mit branchen-internem Wettbewerb wird zunehmend ein offenes kunden- und serviceorientiertes Öko-System mit neuen Wettbewerbern und branchenfremden Akteuren. Dies wird die Automobilindustrie in den nächsten 10 Jahren mehr verändern als dies in den letzten 100 Jahren der Fall war.

In diesen Zukunftsmarkt drängen daher neue Anbieter und potentielle Wettbewerber ohne automobiler Hardware-Kompetenz, die aber über Technologiekompetenz in den Bereichen Big Data und Software sowie über neue Geschäftsmodelle im Bereich der shared mobility verfügen. Das Spektrum dieser neuen Wettbewerber reicht von markt-beherrschenden Technologiekonzernen bis zu erfolgreichen Start-ups.

Alle vier Säulen der CASE - Strategie führen zu einer Datenmenge an fahrzeug-, kunden- und umfeldbezogenen Daten in noch nie dagewesener Fülle und in Echtzeit, die eine cloudbasierte Kommunikation, den Einsatz von Data Analytics und Künstlicher Intelligenz, sowie eine neue IT-Architektur in den Fahrzeugen unumgänglich machen. Die durch CASE hervorgerufene Datenmenge, Datenanalytik und Datenkommunikation sind Treibstoff für neue Geschäftsmodelle und digitale Services.

Für die Erschließung auch dieses neuen Geschäftsfeldes sind leistungsstarke digitale Plattformen zur Organisation, Nutzung und Optimierung dieser Services sowie zum Flottenmanagement eine unverzichtbare Voraussetzung. Teilweise werden für diese Aufgabe separate Gesellschaften gegründet (wie z.B. die Firma CITO als Tochtergesellschaft der VW-Nutzfahrzeuge). Die Erwähnung dieser Beispiele zeigt, dass fahrzeugbasierte Mobilitätsdienste nur in enger Kooperation mit den Automobilherstellern konzipiert und pilotweise umgesetzt werden können.

Für den Projektverlauf DiSerHub werden mögliche Ansätze von fahrzeugbasierten mobility services folglich nur dann von Bedeutung sein, wenn diese mit entsprechenden Partnern aus den Bereichen autonomes Fahren/Software und im Einverständnis mit dem jeweiligen Automobilhersteller erarbeitet werden können.

# CarIT-Strategien im Detail – Software- Driven Car als Treiber neuer Geschäftsmodelle

Die Automobilindustrie in Deutschland war jahrzehntelang geprägt von exzellenter Ingenieurskunst in der Hardwareentwicklung. Software spielte dabei eine untergeordnete Rolle und wurde lediglich an die Fahrzeugarchitektur angepasst. Mit steigenden Kundenanforderungen an digitale Services und zunehmender Vernetzung hat sich dies grundlegend verändert. Hinzu kommt der Wettbewerbsdruck durch technologieorientierte Unternehmen, die den Automobilmarkt als Wachstumsfeld sehen. OEMs reagieren mit der CASE-Strategie (Connected, Autonomous, Shared & Services, Electric) und stellen IT in den Mittelpunkt der Fahrzeugentwicklung. Zentrale Steuergeräte ersetzen dezentrale Systeme, flexible Softwarearchitekturen ermöglichen Over-the-Air-Updates und neue Geschäftsmodelle. Bis 2035 sollen softwarebasierte Funktionen mehr als die Hälfte des OEM-Umsatzes ausmachen (Capgemini Research Institute, 2025).

## Autoren:

**Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald &  
Dr. Daniel Plorin**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)



Die umfassende Konnektivität von Fahrzeugen ist eine zentrale Voraussetzung für die digitale Transformation der Automobilindustrie. Sie umfasst die interne Vernetzung innerhalb der Fahrzeugarchitektur, die Kommunikation mit der Verkehrsinfrastruktur sowie die Anbindung an Backend-Systeme der Hersteller. Dieser Paradigmenwechsel hin zu IT-getriebener Produktentwicklung führt zum Konzept des „Software Defined Car“. Klassische Entwicklungsprozesse nach dem Wasserfallprinzip verlieren an Bedeutung, da der Mehrwert künftig über Software-Funktionalitäten definiert wird. Diese Funktionen entstehen im Zusammenspiel von Hardware, Steuergeräten und Kundenanforderungen. Wesentliche Trends sind autonomes Fahren, interne und externe Konnektivität sowie Elektromobilität (Capgemini Research Institute, 2025).

Software-defined-Cars bedeutet in diesem Sinne, dass Features und Funktionen des Fahrzeuges durch Software ermöglicht werden und dies in allen Produkt-bereichen. Als wesentliche Trends und Umsetzungsbereiche sind hierbei das autonome Fahren, die fahrzeug-interne als auch externe Konnektivität sowie die Elektromobilität zu nennen.

Über die neuen Funktionen können nun auch neue Geschäftsmodelle generiert werden. In der bereits beschriebenen Studie des Capgemini Research Institute wurden weltweit über 500 Führungskräfte von Automobilherstellern befragt. Im Ergebnis heißt es darin, dass bis 2031 der Markt für softwarebasierte Funktionen und Services weltweit 640 Milliarden US-Dollar ausmachen wird und Domänen der Entwicklung von Fahrzeugsoftware, Unternehmenssoftware, kundenorientierten Services als auch Cloud-Plattformen in ungeahntem Ausmaß zusammenwachsen werden. Dies wird nicht nur besondere Kundenerlebnisse und die Interaktion mit dem Kunden ermöglichen, sondern auch die Nutzungsmöglichkeiten während des gesamten Lebenszyklus z.B. durch Einbindung von After-Sale und Service-Partnern enorm verändern.

Somit rücken die Entwicklung der Fahrzeugmodelle, der EE Architekturen sowie der Fahrzeugsoftware eng zusammen. Gemeinsam müssen sie agil sowie kundenorientiert funktionale als auch sichere Software bereitstellen können. Die OEM verfolgen hierbei mitunter unterschiedliche Strategien. Alle haben aber gemein, dass sie eigene Fahrzeugbetriebssysteme entwickeln, die zukünftig verschiedene Plattformen vereinen sollen. Folgend werden für die wesentlichen OEMs respektive Konzerne strategische Car IT Strategien dargestellt.

## Volkswagen

Volkswagen verfolgt eine umfassende Strategie zur Transformation in Richtung softwaregetriebener Fahrzeugentwicklung. Bis 2025 investiert der Konzern rund 27 Milliarden Euro in Car-IT und Unternehmens-IT, um digitale Kompetenzen auszubauen. Die zentrale Rolle übernimmt

die Tochtergesellschaft CARIAD, die künftig die Software für alle Konzernmarken entwickelt. Kern der Strategie ist das Betriebssystem VW.OS, das in allen Fahrzeugen implementiert und mit der Volkswagen Automotive Cloud (VW.AC) verbunden wird. Diese Architektur ermöglicht Over-the-Air-Updates und „on-demand“-Funktionen, wodurch sich neue Geschäftsmodelle und ein verbessertes Kundenerlebnis realisieren lassen (Volkswagen AG, 2023). Zudem werden die Fahrzeuge über Over-the-Air Updates auf dem neuesten Stand gehalten

## Mercedes

Mercedes-Benz verfolgt eine klare Strategie, um sich als führender Anbieter von Fahrzeugsoftware zu positionieren. Rund 60 % der Wertschöpfung im Bereich Car-IT sollen künftig In-House erfolgen, was bedeutet, dass Forschung, Entwicklung und Programmierung zunehmend intern umgesetzt werden. Ein zentraler Baustein ist das neue Betriebssystem MB.OS, das ab 2024 sukzessive eingeführt wird. MB.OS soll eine einheitliche Plattform für Infotainment, automatisiertes Fahren und Cloud-Dienste bieten. Damit will Mercedes-Benz nicht nur die Software-Integration optimieren, sondern sich langfristig als Premium-Mobilitätsdienstleister etablieren (Mercedes-Benz Group AG, 2023).

## BMW

Ab 2025 startet BMW mit der „Neuen Klasse“ eine umfassende Transformation hin zur Elektromobilität. Alle neuen Modelle werden auf einer vollelektrischen Plattform basieren und mit innovativer Batterietechnik sowie einer softwarezentrierten Architektur ausgestattet. Die neue Elektronikstruktur reduziert die Anzahl der Steuergeräte und setzt auf leistungsstarke zentrale Rechner, die Over-the-Air-Updates und flexible Funktionen ermöglichen. Drittanbieter-Apps sollen gezielt in das Fahrzeugbetriebssystem integriert werden, um ein erweitertes digitales Ökosystem zu schaffen. Zudem entwickelt BMW den Mobility Data Space (MDS), einen offenen Marktplatz für den sicheren Austausch von Mobilitätsdaten zwischen verschiedenen Akteuren (BMW Group, 2025).

## Stellantis

Stellantis verfolgt eine ambitionierte Digitalstrategie, um neue Umsatzpotenziale im Softwarebereich zu erschließen. Bis 2026 soll der Anteil digitaler Geschäftsmodelle rund 10 % der Konzernmarge ausmachen, und bis 2030 werden Umsätze von bis zu 20 Milliarden Euro durch Software erwartet. Ein Kernziel ist die vollständige Individualisierung der Fahrzeuge, sodass Kunden Funktionen flexibel konfigurieren können. Over-the-Air-Updates und die Freischaltung neuer Features sind dabei zentrale Elemente. Zudem setzt Stellantis auf die permanente Anbindung seiner

Fahrzeuge an die Amazon-Cloud (AWS), um Rechenleistung auszulagern und datenbasierte Dienste effizient bereitzustellen (Stellantis N.V., 2023).

Aus den genannten strategischen Schwerpunkten ist sehr gut erkennbar, dass die Strategien für die software-getriebenen Fahrzeugentwicklungen recht unterschiedlich sind. Unterschiedlich in dem Sinne, dass die Öffnung der OEMs zur Teilhabe an der Entwicklung von Funktionen und Betriebssystemen im Fahrzeug stark variiert. Das Spektrum reicht von der starken Öffnung für 3rd Party Delivery Functions auf der einen Seite bis zur weitestgehend kompletten Eigenentwicklung auf der anderen Seite.

Ausnahmen sind jedoch die zahlreichen Edge Device Funktionen (Bereitstellung lokaler Informationen an ein externes Netzwerk) und Infrastrukturfunktionen für die car-to-x Kommunikation, welche ein hohes Maß an externer Kompetenz erfordert. Die Fülle an unterschiedlichsten Funktionen auf Komponenten- und Infrastruktur-Ebene haben enorme Wertschöpfungspotentiale. Dies birgt große Potentiale für neue Geschäftsmodelle in sich. Nennenswert sind dabei beispielsweise das Flottenmanagement, Car Health Monitoring (prädiktive Schadens/Wartungs-/Instandhaltungsanalyse, auch über Echtzeitdaten in Verbindung mit After Sale und Servicestationen), Work@Car oder Gaming@Car.

Im Projektverlauf DiSerHub werden mögliche Ansätze zu neuen Geschäftsmodellen tiefergehend, auf technischer Basis und flankiert mit aktuellen Trends der Fahrzeughersteller analysiert und interessierten Akteuren in der Automobilindustrie durch verschiedene Formate nähergebracht.

Work@Car bezeichnet die Möglichkeit, das Fahrzeug als mobilen Arbeitsplatz zu nutzen. Durch integrierte Displays, stabile Internetverbindungen und Cloud-Anbindungen können Nutzer während Standzeiten oder im autonomen Fahrbetrieb produktiv arbeiten. Funktionen wie Videokonferenzen, Dokumentenbearbeitung und Zugriff auf Unternehmenssysteme sind zentrale Elemente.

Gaming@Car hingegen steht für die Nutzung des Fahrzeugs als Entertainment-Plattform. Über leistungsfähige Infotainment-Systeme und Internetzugang können Spiele gestreamt oder lokal gespielt werden. Dies eröffnet neue Kundenerlebnisse und Geschäftsmodelle, insbesondere in Verbindung mit autonomem Fahren und Over-the-Air-Updates.





# CADA – Gemeinsam in die Zukunft des automatisierten Fahrens

**Autor:**

**Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)

**D**as CADA-Netzwerk (Chemnitz Automated Driving Alliance) ist ein deutschlandweit einzigartiger Zusammenschluss von Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Technologiepartnern, die sich auf die Entwicklung des automatisierten und autonomen Fahrens konzentrieren. Gegründet 2019 in Chemnitz, verfolgt CADA das Ziel, Kompetenzen aus der Automobilbranche, Softwareentwicklung und Sensorik zu bündeln, um innovative Lösungen für die Mobilität der Zukunft zu schaffen. Die beteiligten Unternehmen – FDTech, FusionSystems, INTENTA, NAVENTIK und BASELABS – entwickeln gemeinsam eine durchgehende Softwarekette für automatisiertes Fahren und schaffen Synergien durch Kooperationen (Alliance, 2025).

## Mission und Vision

Die Mission von CADA ist es, die Mobilität nachhaltig und für jedermann zugänglich zu gestalten. Das Netzwerk versteht sich als Plattform für praxisorientierte Forschung und Entwicklung, die nicht nur Konzepte diskutiert, sondern marktreife Anwendungen hervorbringt. Die Vision ist klar: Sachsen und insbesondere Chemnitz sollen sich als führende Region für autonome Mobilität etablieren – mit internationaler Strahlkraft. Dazu setzt CADA auf den Ausbau nationaler und globaler Partnerschaften, die Entwicklung innovativer Technologien und die Integration von Fachkräften durch Ausbildung und Weiterbildung (Autoland, 2025).

## Fokus und strategische Ausrichtung

CADA richtet sich zunehmend als Technologie-Hub aus, der Lösungen für automatisierte Fahrfunktionen, Sensorfusion, künstliche Intelligenz und funktionale Sicherheit bereitstellt. Der Schwerpunkt liegt auf der Umsetzung statt reiner Konzeptarbeit: autonome Shuttles, automatisierte Logistiklösungen und Testfelder für Drohnen sind Beispiele für die Praxisorientierung. Damit trägt CADA zur Wertschöpfung in der Region bei und stärkt die Innovationskraft der deutschen Automobilindustrie (Autoland, 2025).

### FDTech GmbH

„Nachhaltige Mobilität für alle, jederzeit und überall.“

FDTech ist ein führender Anbieter von Softwarelösungen für automatisiertes Fahren und Fahrerassistenzsysteme. Das Unternehmen entwickelt ganzheitlich-funktionale Mobilitätslösungen und zugehörige Dienste für innovative Fahrfunktionen, die den Übergang vom assistierten zum hochautomatisierten Fahren ermöglichen – vom Konzept, über den Prototyp, bis hin zur serienreifen Integration ins Fahrzeug und die vernetzte Infrastruktur.

Die Kernkompetenz liegt in der Funktionsentwicklung, Systemintegration und Validierung von ADAS-Features. FDTech arbeitet eng mit OEMs und Tier-1-Zulieferern zusammen, um maßgeschneiderte Lösungen für die Mobilität der Zukunft bereitzustellen.

„Gemeinsam mit Automobilherstellern, Zulieferern und Verkehrsnetzbetreibern gestalten wir die Zukunft der Mobilität.“

### BASELABS GmbH

BASELABS ist spezialisiert auf die Entwicklung von Software für Sensorfusion und Datenverarbeitung. Die Lösungen des Unternehmens ermöglichen die sichere Erkennung und Interpretation der Fahrzeugumgebung durch die Kombination von Daten aus Radar-, Kamera- und Lid-

ar-Sensoren. BASELABS unterstützt Automobilhersteller und Zulieferer bei der Implementierung robuster Algorithmen für automatisiertes Fahren.

### INTENTA GmbH

INTENTA entwickelt KI-basierte Systeme zur Umfeldanalyse und Bildverarbeitung. Die Produkte des Unternehmens kommen in Fahrerassistenzsystemen und Smart-City-Anwendungen zum Einsatz. INTENTA nutzt Deep-Learning-Methoden, um Objekte, Bewegungen und Szenarien zuverlässig zu erkennen. Damit trägt das Unternehmen entscheidend zur Sicherheit und Effizienz automatisierter Fahrzeuge bei.

### NAVENTIK GmbH

NAVENTIK bietet präzise Lokalisierungslösungen für Fahrzeuge, insbesondere GNSS-basierte Systeme, die für automatisiertes Fahren unverzichtbar sind. Die Technologie des Unternehmens ermöglicht eine hochgenaue Positionsbestimmung auch unter schwierigen Bedingungen wie urbanen Schluchten. NAVENTIK arbeitet an der Integration seiner Lösungen in Serienfahrzeuge und unterstützt die Entwicklung sicherer Navigationssysteme.

### FusionSystems GmbH

„Innovative Software und Systeme für eine vernetzte Welt.“

FusionSystems ist ein Softwareunternehmen mit Fokus auf Automotive-Anwendungen, Karten und Navigationslösungen. Das Unternehmen entwickelt Plattformen, die Fahrzeugdaten effizient verarbeiten und für Fahrerassistenzsysteme nutzbar machen. FusionSystems trägt zur Vernetzung von Fahrzeugen und zur Optimierung von Navigationsdiensten bei. FusionSystems ist auf Softwareentwicklung und Datenfusion spezialisiert.

„Mit Schwerpunkten in Bildverarbeitung und Maschinellem Lernen entwickeln wir intelligente Lösungen für die Bereiche Automotive, Navigation und SmartSystems.“

### staff-eye GmbH (Associated Partner)

„Komplexes einfach gemacht.“

staff-eye bietet IT-Lösungen mit Schwerpunkt auf KI und VR/AR-Technologien. Das Unternehmen unterstützt die Automobilbranche bei der Entwicklung innovativer Anwendungen für Schulung, Simulation und Prozessoptimierung. Durch den Einsatz von Virtual Reality und Augmented Reality schafft staff-eye immersive Lern- und Arbeitsumgebungen. Staff-Eye vernetzt physische und virtuelle Gegenstände mit modernsten Technologien.

# CADA

## MITGLIEDER DES CADA-NETZWERKS

### KERNMITGLIEDER

**FDtech**


Fahrfunktionen  
Entwicklung von  
Software und Fun-  
fuitrfuntionen

**BASELABS**


Spezialisiert auf  
Sensorfusion und  
Datenverarbeitung

**INTENTA**


Ki-basierte  
Umfeldanalyse und  
Bildverarbeitung

**NAVENTIK**  
AUTOMOTIVES AINAV ACCERNED


Präzise  
Lokalisierungs-  
sungen für Fahrzes

**FusionSystems**


Softwareentwicklung  
für Automotive,  
Maps & Navigation

### ASSOCIATED PARTNER

**staff-eye**  
IT.solutions


IT-Lösungen mit Nutzung  
von KI

**u-blox**


Präzise GNSS-basierte  
Ortungslösungen

Abbildung 2: Übersicht der CADA - Mitglieder (eigene Zusammenstellung)

„Ob Web- und mobile Technologien, PaaS oder Backend-Integrationen – wir bringen Digitalisierung im Automobilbereich und darüber hinaus auf ein neues Niveau.“

#### u-blox (Associated Partner)

„Locate and connect every thing.“

u-blox ist ein weltweit führender Anbieter von GNSS-basierten Ortungslösungen und drahtloser Kommunikationstechnologien und liefert Halbleiterchips, Module und IoT Datendienste für zuverlässige Lokalisierung und Vernetzung. Die Produkte des Unternehmens ermöglichen präzise Positionsbestimmung und zuverlässige Konnektivität für Fahrzeuge, Maschinen und IoT-Geräte. u-blox unterstützt die Automobilindustrie mit Hardware- und Softwarelösungen für hochgenaue Navigation und Fahrzeugvernetzung. Mit Hauptsitz in Thalwil (Zürich), Schweiz, und weltweit 1'400 Spezialistinnen und Spezialisten unterstützen das Unternehmen seine Kunden bei der Entwicklung von Lösungen für eine präzise, intelligente und nachhaltige Zukunft.

„Unsere wegweisenden Lösungen ermöglichen Innovationen für zukünftige Automobile und das Internet der Dinge.“ (Chemnitz Automated Driving Alliance, 2022).

#### Kontakt und Zusammenarbeit

Wir bei CADA sind überzeugt, dass nur durch starke Partnerschaften und gemeinsamen Austausch die besten Lösungen für automatisiertes Fahren entstehen. Treten Sie mit uns in Kontakt, um mehr über unsere Arbeit zu erfahren oder um Teil unseres Netzwerks zu werden.



## Der Standort im Detail

Chemnitz GESTERN – Wiege des Automobilbaus

Chemnitz gilt als eine der Wiegen des deutschen Automobilbaus. Bereits 1885 gründeten Johann Baptist Winklhofer und Richard Adolf Jaenicke die „Chemnitzer Veloziped-Depot“, aus der später die Wanderer-Werke hervorgingen. Wanderer entwickelte sich zu einem bedeutenden Hersteller von Mittelklassewagen und baute ab 1927 in Siegmarsdorf am Fließband.

Parallel dazu entstand in Zwickau die Luxusmarke Horch, gegründet 1900 von August Horch. Nach seinem Ausscheiden gründete er 1909 die Audiwerke, deren Name die lateinische Übersetzung von „Horch!“ ist. Ebenfalls prägend war DKW, 1904 in Chemnitz gegründet, später weltgrößter Motorradhersteller und Produzent von Kleinwagen.

1932 fusionierten Wanderer, Horch, Audi und DKW zur Auto Union AG mit Sitz in Chemnitz. Das Logo mit den vier Ringen symbolisiert diesen Zusammenschluss. In den 1930er Jahren war Auto Union berühmt für seine „Silberpfeile“ im Motorsport.

Nach dem Zweiten Weltkrieg prägte die Region erneut die Automobilgeschichte: In Zwickau bei Chemnitz entstand der Trabant, der zum Symbol ostdeutscher Mobilität wurde.

Chemnitz HEUTE – Das Zentrum für automatisiertes Fahren

Aus dieser reichen Tradition schöpft Chemnitz bis heute automobilen Innovationskraft und Tatendrang. Unser Netzwerk bringt Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen zusammen, um die Region als Vorreiter im Bereich automatisiertes Fahren zu positionieren.

Gemeinsam fördern wir die Ausbildung und Weiterentwicklung von Fachkräften und bieten Weiterbildungsangebote für alle Altersgruppen. Dadurch beleben wir nicht nur die Wirtschaftsregion, sondern stärken auch die nationale und internationale Attraktivität von Chemnitz.

## Kontext: Autonomes Fahren in Deutschland

Deutschland hat mit dem Gesetz von 2021 einen Rechtsrahmen für den Einsatz vollständig autonomer Fahrzeuge geschaffen. Dennoch befindet sich die Technologie noch in der Pilotphase. Herausforderungen bestehen in der Komplexität der Systeme, hohen Kosten und der Akzeptanz. Netzwerke wie CADA sind entscheidend, um diese Hürden zu überwinden: Sie fördern Kooperationen zwischen OEMs, Zulieferern und Forschungseinrichtungen und treiben die Entwicklung von Software-Defined Vehicles voran. CADA ist bestrebt, die Mobilität von morgen zu entwickeln und voranzutreiben. Unsere Partner-

unternehmen liefern spezielle Lösungsbausteine, die in einer durchgängigen Softwarekette das automatisierte Fahren ermöglichen. Die gebündelte Expertise in den Bereichen Softwareentwicklung, Sensordatenfusion und Navigation schafft innovative Ansätze, um die Herausforderungen der Mobilität der Zukunft zu lösen.

Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Strategie der Bundesregierung, Deutschland als führenden Standort für autonomes Fahren zu etablieren (Rudschies et al., 2024, Wissing, 2021).

# E-Mobility – Neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie

Autoren:

**Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald &  
Prof. Dr. Werner Olle**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)

**D**er Trend zur emissionsreduzierten/emissionsfreien Mobilität ist seit einigen wenigen Jahren zu einem wesentlicher Einflussfaktor der Neupositionierung der Automobilindustrie weltweit geworden. Der Trend zu elektrischen Fahrzeugen (bislang noch nahezu ausschließlich im PKW-Bereich) nimmt weltweit zu, wenn auch mit deutlichen regionalen Unterschieden.

## Antriebstechnologien

In Deutschland beträgt nach den Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) für 2022 der Anteil voll-elektrischer Fahrzeuge (BEV) an den Neuzulassungen bereits auf 17,7 % und der Anteil Plug-in Hybride (PHEV) 13,7 %. Wie die Planungen aller Automobilhersteller zeigen, wird dieser Anteil auf dem deutschen und europäischen Markt zügig weiter an-wachsen, um die EU-Vorgaben zu den CO<sub>2</sub>-Limits (-55 % im Zeitraum 2021-2030) zu erreichen.

Dieses Wachstum wird künftig weit überwiegend durch Battery Electric Vehicles (BEV) getragen, während Plug-in Hybride durch abschmelzende steuerliche Präferenzen sukzessive an Gewicht verlieren werden.

Wasserstoff-Autos mit Brennstoffzellenantrieb (Fuel Cell Electric Vehicles FCEV) spielen auf dem deutschen und europäischen Markt unverändert eine nur marginale Rolle. Diese Antriebstechnologie ist jedoch für andere Mobilitätssegmente (z.B. im Bereich der Nutzfahrzeuge) eine mögliche Alternative, die von mehreren Herstellern angeboten wird.

## Wertschöpfung

Die Ablösung der Verbrennungsmotoren führt zu einer gewichtigen Verschiebung in der automobilen Wertschöpfung. Im konventionellen Antriebsbereich entfallen im Übergang zu BEV Hunderte von Teilen, die wertmäßig etwa 30 % des Fahrzeugs ausmachen. Im Gegenzug benötigen BEV neue Komponenten (Batterie, Elektromotor, Leistungselektronik), die diese Reduzierung wertmäßig mehr als ausgleichen.

In den Wertschöpfungsstrukturen (und den damit verbundenen Arbeitsplätzen) verschiebt sich deutlich mehr. Komponentenwerke der Automobilhersteller und vom Verbrennungsmotor abhängige Zulieferer verlieren an Wertschöpfung. Zuwächse in der Wertschöpfung entstehen hingegen in der Elektrik/Elektronik und bei den neuen Antriebskomponenten insb. Batterie und Elektromotor.

Da wesentliche Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs, die technologie- und preisbestimmend sind (insb. Batteriezellen), von asiatischen Lieferanten bezogen werden müssen, haben sich nahezu alle Automobilhersteller dazu entschieden, mit Partnern eigene Batteriezellfertigungen aufzubauen, zumal der Bedarf an Batteriezellen bis 2030 dramatisch anwachsen wird. Laut einer Studie von Roland Berger und dem Lehrstuhl PEM der RWTH Aachen wird sich die weltweite Nachfrage nach Batterien zwischen 2020 und 2030 mehr als verachtzehnfachen, was einem jährlichen Wachstum von rund 34 % entspricht. Der Haupttreiber dieser Entwicklung ist die Umstellung der Automobilindustrie auf batte-

rieel elektrische Fahrzeuge. Bereits heute entfallen etwa 80 % der Nachfrage auf den Bereich Elektromobilität, und dieser Anteil wird weiter zunehmen. Die Prognose berücksichtigt sowohl die steigende Zahl an Elektrofahrzeugen als auch die wachsende Batteriekapazität pro Fahrzeug, um höhere Reichweiten zu ermöglichen (Kellerhoff, 2025).

## „Goldgräber-Stimmung“ mit vielen neuen Playern

Neue Wachstumschancen in neuen, noch nicht besetzten Marktsegmenten ermöglichen neuen Playern bei entsprechenden Rahmenbedingungen den Markteintritt. Im Bereich der Elektromobilität ist dies in vielfältiger Form zu beobachten:

- Für die Herstellung von BEV sind auf dem chinesischen Markt dank entsprechender Unterstützungsprogramme > 450 Produktionsunternehmen entstanden; eine Zahl, die sich jedoch relativ rasch wieder zurückbilden wird.
- In Europa wird das Marktsegment der leichten Nutzfahrzeuge von den großen Herstellern noch weitgehend vernachlässigt; Grund für mehrere Start-ups (auch in Deutschland), entsprechende Fahrzeuge zu entwickeln und herzustellen.
- Insbesondere in den USA sind Start-ups entstanden, die sich auf die Plattform vollelektrischer Fahrzeuge konzentrieren (Chassis, Batterie, Leistungselektronik, Software) und diese als in sich geschlossene, voll funktionsfähige Systeme (sog. Rolling Chassis oder Skatekart) mit Erfolg anbieten.
- Für die Herstellung von Batteriezellen ist angesichts der immensen Wachstums-potenziale – neben den marktführenden Anbietern und den in diesen Markt einsteigenden Automobilherstellern – auch eine Vielzahl von Start-ups unterwegs. Hier bleibt jedoch abzuwarten, ob es in diesem technologisch sehr anspruchsvollen und investitionsintensiven Bereich gelingt, Serienreife zu wettbewerbsfähigen Kosten zu erlangen. Auch hier ist eine Rückbildung zu erwarten.

Die genannten Beispiele verweisen auf ein weites Feld an neuen Marktchancen und Geschäftsmodellen, die allerdings durchgängig einen direkten Bezug zur Fahrzeug-Hardware beinhalten.

Dies gilt auch für neue Wertschöpfungschancen rund um die Batterie:

- Batterie-Recycling und Wiederverwendung (second use)
- Batterie-Leasing anstelle Kauf mit dem Fahrzeug (Pilotprojekte sind in Realisierung).



## Ansatzpunkte für digitale Services und neue Geschäftsmodelle in der Elektromobilität

Die Elektromobilität verändert nicht nur das Fahrzeug selbst, sondern auch die gesamte Energie- und Verkehrsinfrastruktur. Mit dem Fokus auf den elektrischen Antrieb entstehen neue Kundenanforderungen, insbesondere im Bereich der Ladeinfrastruktur.

Digitale Services und datenbasierte Geschäftsmodelle spielen dabei eine Schlüsselrolle, da sie den Komfort, die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit für Nutzer und Betreiber steigern.

Ein zentraler Ansatzpunkt sind konnektive Wallboxen, die über intelligente Steuerungssysteme verfügen. Nutzer können Ladevorgänge per App planen, überwachen und optimieren – beispielsweise durch zeitgesteuertes Laden bei günstigen Stromtarifen. Für Unternehmen und Kommunen bieten digitale Plattformen die Möglichkeit, mehrere Ladestationen zentral zu verwalten, inklusive Monitoring und Abrechnung.

Auch die digitale Ladestellensuche wird zunehmend wichtiger. Fahrer können anhand von Kriterien wie Ladeleistung, Steckertyp oder Preis die passende Station finden. Ergänzend dazu ermöglicht intelligente Routenpla-

nung die Integration von Ladepunkten in die Fahrstrecke, was Reichweitenängste reduziert. Transparente Preisinformationen und anbieterübergreifende Bezahlungssysteme schaffen zusätzliche Nutzerfreundlichkeit.

Auf der Energieversorgerseite sind digital gestützte Netz-Monitoring-Systeme essenziell, um Lastspitzen zu vermeiden und die Netzstabilität zu sichern. Echtzeitdaten bilden zudem die Grundlage für intelligente Verkehrssteuerung, die Ladebedarfe und Verkehrsfluss kombiniert.

Im Premiumsegment entstehen darüber hinaus herstellerbezogene Ökosysteme, die digitale Services mit kaufrelevanten Angeboten verknüpfen. Diese Plattformen stärken die Kundenbindung und eröffnen neue Umsatzpotenziale.

Die Digitalisierung und der Datenaustausch sind somit Treiber für innovative Geschäftsmodelle, die nicht nur die Elektromobilität fördern, sondern auch die Integration in ein vernetztes Energie- und Verkehrssystem ermöglichen.

Einige dieser neuen Möglichkeiten für datenbasierte Geschäftsmodelle und neue Mobilitätsangebote werden im weiteren Fortschritt des Projekts DiSerHub weiter konkretisiert.



# HZwo e. V. – Internationales Wasserstoff- technologiecluster

**H**Zwo – der internationale Wasserstoff-technologiecluster – hat seine Wurzeln in Sachsen und ist die zentrale Anlaufstelle für Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Interessierte, die den Wasserstoffsektor in der Region und international vorantreiben möchten. Als Innovationsnetzwerk unterstützen wir die gesamte Wertschöpfungskette von Wasserstofftechnologien – von der Forschung und Entwicklung bis hin zur Anwendung. Unser Ziel ist es, Sachsen und Deutschland als führenden Wasserstoff-Standort zu etablieren und mit unseren Partnern innovative Lösungen zu fördern.

**Autor:**

**Dr. Gert Schlegel**

HZwo e. V.



Unsere Experten unterstützen Sie umfassend in allen Fragen zu Wasserstofftechnologien:

- Technologische Entwicklungen und Anwendungen
- Fördermöglichkeiten und Projektfinanzierung
- Politische Rahmenbedingungen der Wasserstoffwirtschaft

## Wissens- und Technologietransfer

Der schnelle Technologietransfer ist entscheidend, um den Wasserstoffsektor nachhaltig zu stärken. Hier bieten wir innovative Lösungen:

- Interaktives 3D-Modell: Über das ch2ance-Förderprojekt stellen wir eine Wissensplattform bereit, die Technologie intuitiv und spielerisch näherbringt.
- Brennstoffzellen-Systembaukasten: Zur Weiterbildung oder als Ausstellungsobjekt kann unser Baukasten für das Brennstoffzellensystem flexibel genutzt werden.
- Open Source Technologien: Entwicklungsplattformen wie der Open Source Stack (OSS) oder das Open Source Car (OSCar) bieten einen praxisnahen Einstieg und Entwicklungsgrundlage für Wasserstofftechnologien.
- Fachspezifische Arbeitskreise: Thematische Arbeitsgruppen im Netzwerk fördern gezielt den Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.
- Factsheets: Kompakte Informationsmaterialien zu technologischen Entwicklungen runden unser Angebot ab.

## Projektentwicklung: Von der Idee zur Umsetzung

Wir unterstützen Unternehmen und Forschungseinrichtungen gezielt bei der Projektentwicklung:

- Matching von Partnern und Bedarfen: Ob über unsere Kontaktbörse oder über persönlichen Kontakt – wir verbinden Akteure und passende Fördermöglichkeiten.

- Konsortialbildung: Wir begleiten die erfolgreiche Bildung von Kooperationen für Forschungs- und Anwendungsprojekte.
- Vorstudien: Erste Analysen und Machbarkeitsstudien helfen, Projektideen zu konkretisieren und zu evaluieren.

## Veranstaltungen und Netzwerkarbeit

Als Teil der regionalen Wasserstoffgemeinschaft ist HZwo ein wichtiger Partner für die Organisation und Durchführung von Veranstaltungen. Wir planen und gestalten Formate, die praxisnahes Wissen vermitteln und den Austausch fördern:

- Technologie- und Schaufensterworkshops – auch direkt bei Ihnen vor Ort
- Praxisseminare zur Anwendung von Wasserstofftechnologien
- Großveranstaltungen mit breiter Beteiligung der Branche
- Gemeinschaftsmessestände bei regionalen und überregionalen Fachmesse
- Aktuelle Projekte

## Sächsische Kompetenzstelle Wasserstoff KH<sub>2</sub>

Als Sächsische Kompetenzstelle Wasserstoff KH<sub>2</sub> sind wir die zentrale Anlaufstelle für Bürgerinnen und Bürger, Kommunen, Medien, Wirtschaft und Wissenschaft und beantworten alle Fragen rund um Wasserstoffherzeugung, -transport, -speicherung und -anwendung. Zu den Aufgaben zählen die Beantwortung allgemeiner Fragen bezüglich Wasserstoff, Bewusstsein und Akzeptanz für Wasserstoff schaffen und die Information und Beratung der Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung zu allen wasserstoffspezifischen Fragestellungen und Fördermöglichkeiten. Betreut wird die Kompetenzstelle von Wasserstofffachberatern des Energy Saxony e. V. und des HZwo e. V. unter dem Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr und dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.



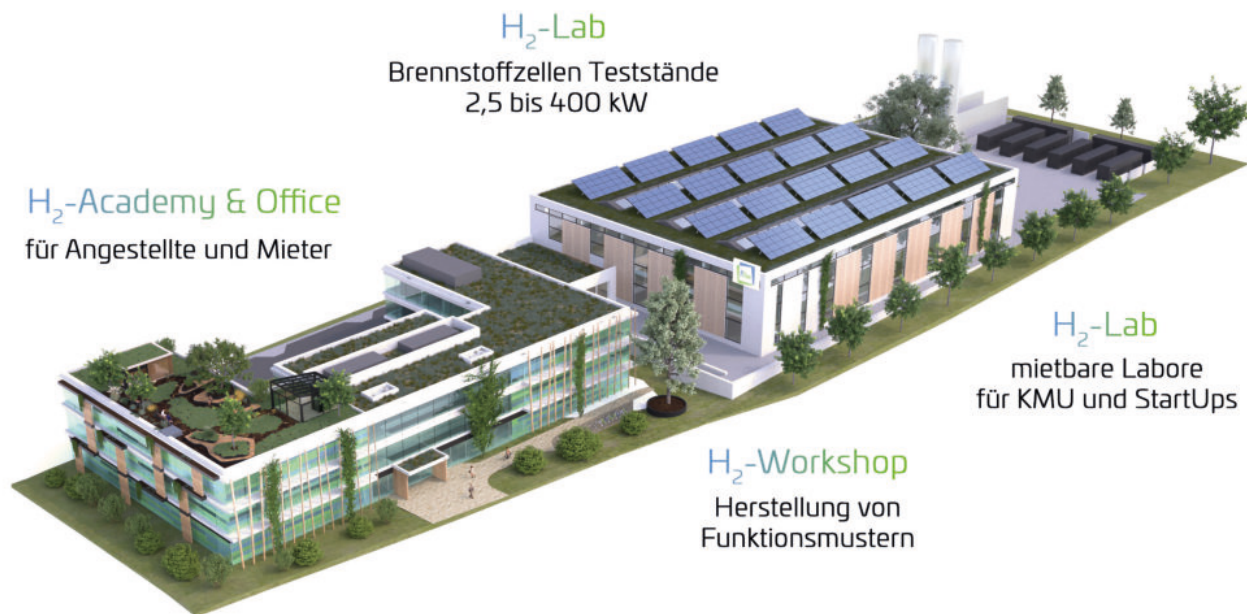


Abbildung 3: Geplantes HIC Hydrogen Innovation Center (Quelle: H2wo e. V.)

## Transformations-Hub ch2ance

Das vom BMWK geförderte Projekt Transformations-Hub ch2ance unterstützt die Automobil- und Zulieferindustrie bei der Entwicklung und Umstellung auf wasserstoffbasierte Antriebe. Als Plattform für Wissensaustausch und Vernetzung verbindet ch2ance Experten aus Industrie und Forschung, um geschlossene Wertschöpfungsketten und eine wettbewerbsfähige Zuliefererindustrie aufzubauen. Wir bieten kostenfreie Unterstützung, wie einen Fördermittel-Newsletter, einen Wissensbereich mit interaktivem 3D-Modell, Factsheets und ausführlichem Komponentenwissen, eine Kontaktbörse und Akteursplattform. Ein wichtiges Element sind eine Vielzahl an Workshops und Veranstaltungen, die Wasserstofftechnologien erlebbar machen. Mehr zum Projekt: [www.ch2ance.de](http://www.ch2ance.de)

## HIC Hydrogen Innovation Center

Unter dem Namen HIC Hydrogen Innovation Center wird unter der Leitung des HZwo e.V. in Chemnitz eine industrielle Forschungs-, Test- und Zertifizierungseinrichtung aufgebaut. Es wurde zusammen mit KMUs, Automobilzulieferern und Industrieunternehmen sowie Experten aus der Brennstoffzellenforschung konzipiert. Startups, kleine und mittelständische Unternehmen, Automobilzulieferer und Industrieunternehmen aus ganz Deutschland sollen im HIC die Möglichkeit erhalten, ihre Innovationen zu testen, zu zertifizieren und neue Standards für den Weltmarkt zu entwickeln.

Weitere Informationen: <https://hzwo.eu/hic/>

# Special In-Car Services: Automotive Health

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald &  
Prof. Dr. Werner Olle

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)

**M**obile-Health-Anwendungen in Form von Gesundheits-Apps befinden sich heute bereits weltweit auf Milliarden von mobilen Endgeräten und Wearables (Smartphones, Uhren, Armbänder u. a.) und dienen dem Nutzer als Lifestyle-Instrument, Diagnoseberater oder Medizinprodukt. Diese ermöglichen dem Nutzer je nach Funktionalität des Produkts, Gesundheitsdaten zu erfassen, zu dokumentieren, zu analysieren und mit Ärzten, Pflegepersonal und medizinischen Einrichtungen zu teilen. Der mHealth-Markt (mobile health) gilt als einer der am schnellsten wachsenden Bereiche im Gesundheitswesen.

Diesem Trend kann sich auch das Auto als ‚Digital Device‘ nicht entziehen. „Automotive Health“ steht als Oberbegriff für alle digitalen Health-Anwendungen, die im Auto technisch möglich geworden sind und die sich im Zuge des ‚Software-defined Car‘ stetig weiterentwickeln werden.

Das Themenfeld ‚Automotive Health‘ hat bereits auf der CES 2016 (Consumer Electronics Show) eine herausragende Rolle gespielt. Auf dieser mittlerweile wichtigsten Automesse, in deren Rahmen auch jährlich der Digital Health Summit stattfindet, hat u. a. Audi sein ‚FitDriver‘-Konzept vorgestellt und mit dem Slogan „My Audi cares for me“ medienwirksam auf einen neuen Trend künftiger Automobilität aufmerksam gemacht. In diesem Konzept sind wesentliche Features angelegt, die für die „Automotive Health“ bis heute von Bedeutung sind:

- Basis: Erfassung von Vitaldaten des Fahrers
- Anwendungsbereich Wellbeing: automatische Auslösung situationsgerechter / ‚empathischer‘ Anpassungen im Fahrzeug-Innenraum (Klimatisierung, Beleuchtung, Sound u. a.)
- Anwendungsbereich Safety: Erkennen von gesundheitsbedingten Notsituationen und Veranlassung von Maßnahmen zum Schutz des Fahrers und der Insassen (perspektivisch z. B. Aktivierung E-Call, pilotierter Not- halt)
- Externe Datennutzung: Datenaustausch mit mobilen Endgeräten der Nutzer und der Möglichkeit, die Daten auch an externe Geräte zu übertragen (z. B. beim Arztkontakt).

Diese dank Digitalisierung und Vernetzung des Autos möglich gewordenen Technologien haben in den Folgejahren dazu geführt, Automotive Health als ein neues disruptives Geschäftsfeld zu erkennen. Hersteller- und Lieferantenbeispiele

Auf der CES 2017 (Motto: Health meets mobility) hat Mercedes-Benz für den PKW-Bereich sein Konzept- fahrzeug ‚Fit & Healthy‘ und für den Nutzfahrzeug- bereich ein System Predictive Emergency Defense vorgestellt, das die Herz- Kreislauf-Gesundheit des Fahrers überwacht und im Not- fall eingreift (Notruf bzw. Notstopp). Hyundai hat mit seinem Health & Mobility Cockpit ein Sensorsystem gezeigt, das den Fitness- und Gemütszustand des Fahrers beobachtet und bei erkennbaren Anspannungen unterstützende Maßnahmen einleitet.

Auf der CES 2018 wurden zahlreiche Anwendungen von Biosensoren im Auto vorgestellt, unter Einsatz von Künstlicher Intelligenz. Interessant war die Präsentation einer B2V- Technologie (Brain-to-Vehicle) von Nissan, bei der eine Messung von Gehirnwellen mit dem Ziel erfolgt, die Konzentrationsfähigkeit des Fahrers zu verbessern und dessen Reaktionszeiten zu verkürzen. Im selben Jahr haben Jaguar

und Land Rover Lösungsansätze entwickelt, um bei allen Passagieren Anzeichen einer Reisekrankheit erkennen und diesen mit geeigneten Maßnahmen ent- gegenwirken zu können.

Auf der CES 2019 hat Kia mit seinem READ-Konzept (Real-time Emotion Adaptive Driving) einen Lösungsansatz zur interaktiven Innenraum-Anpassung präsentiert, der ausschließlich auf im Fahrzeug ermittelten Vitaldaten basiert (Gesichtsausdruck, Herzfrequenz, elektrodermale Aktivität).

Wellbeing-Technologien haben mittlerweile in einer Vielzahl von Konzept- und Serienfahrzeugen verschiedener Automobilhersteller Einzug gehalten:

- Mercedes durch Weiterentwicklung des „Fit & Healthy“-Ansatzes mit Integration von Energizing-Komfortprogrammen von der C- bis zur S-Klasse (Serie) Ford mit seinem Mindful Car Concept (IAA 2021) mit Vitaldatenüberwachung im Fahrersitz bzw. durch Smart Wearables und Aktivierung diverser Entspannungsangebote
- Cadillac Concept Car Inner Space (CES 2022), das biometrische Daten nutzt und luxuriöses Reisen in autonomen Fahrzeugen ermöglichen soll.

Systemlieferanten wie z. B. Forvia (Faurecia + Hella) leisten durch Sitzsysteme mit kapazitiven Sensoren hierzu wesentliche Beiträge. Software-Spezialisten wie die Unternehmen Neonrode, Nuralogix Anura und Magnica SensePlus entwickeln neue Verfahren zur Ermittlung des physischen und mentalen Wohlbefindens des Fahrers unter Nutzung von Bildsensoren, Kameras und Elektroden zur Messung von Gehirnwellen (CES 2024).

Im Anwendungsbereich Safety sind spätestens ab 2020 weiterentwickelte Driver-Monitoring-Systems (DMS) für die Automobilhersteller zu einer Must- have-Technologie geworden, um Unfallursachen durch menschliches Fehlverhalten zu reduzieren.

Volvo setzt im neuen EX 90 zur Echtzeit- Erkennung von Blickmustern und Lenkverhalten Innenraumsensoren, zwei Kameras sowie ein kapazitives Lenkrad ein. Bei Bedarf werden geeignete Unterstützungsmaßnahmen eingeleitet, von Warnsignalen für den Fahrer bis zum Not- stopp und Einschalten der Warnblinkanlage.

Auch der 2023 vorgestellte Elektro-SUV des türkischen Herstellers TOGG enthält einen Gesundheitsmonitor zur Erfassung von Vitaldaten und einen Aufmerksamkeitsassistenten.

Dies zeigt auch das auf dem Mobile World Congress 2024 in Barcelona von Renault vorgestellte Konzeptfahrzeug H1st vision (Human First Vision), in das zahlreiche Innovationen der Start-up- Community ‚Software République‘ eingeflossen sind. Sensoren im Lenkrad und im Sicherheitsgurt, Ka-



meras und ein Mikrofon hinter dem Rückspiegel erfassen den Gesundheitszustand des Fahrers (Puls, Atemfrequenz, Stimme, Mimik). Bei festgestelltem erhöhtem Stresslevel werden Maßnahmen vorgeschlagen (Atemübungen, Fahrpause). Mit Einwilligung des Fahrers können bei einer Pause Gesundheitsdaten an einen medizinischen Hilfsdienst gesendet und ggf. eine Video-Konferenz mit einem Arzt veranlasst werden. Bei einem erkannten Notfall wird automatisch ein Rettungsdienst verständigt.

Auch an Lösungen für diesen Anwendungsbereich sind namhafte Lieferanten maßgeblich beteiligt. In den Jahren 2020 – 2023 haben auf der CES-Tier-1-Lieferanten, wie z. B. Bosch, Continental, Asahi Kasei, Visteon, und Software-Entwickler wie Smart Eye oder ams Sensors Weiterentwicklungen für Driver-Monitoring-Systeme (DMS) präsentiert, die in zunehmendem Maße KI-basiert und auf die unterschiedlichen Level des autonomen Fahrens ausgerichtet sind. Dabei kommen Kameras im Display, biometrische Lenkräder, Bildsensoren, Elektroden im Fahrersitz u. a. zum Einsatz.

Auch wenn nicht alle der genannten Beispiele unmittelbar in Serie gehen, zeigt dieser virtuelle Rundgang durch die CES der letzten Jahre, ergänzt um weitere Messen und Produktpräsentationen, dass das Thema Automotive Health in der Branche längst angekommen ist. Wie kein anderer Hersteller praktiziert und fördert Toyota mit seinem bereits 2011 in Ann Arbor gegründeten Collaborative Safety Research Center (CSRC) die Zusammenarbeit mit ca. 30 verschiedenen Partnern (Universitäten, Kliniken und Forschungseinrichtungen), was auch Projekte zur Automotive Health einschließt.

Allein dieses Zielbündel einer Automotive Health veranschaulicht, wie weit sich das moderne Auto von einem reinen Fortbewegungsmittel entfernt hat.

Erste Priorität hat immer das Ziel Safety, deren Erreichung nicht nur durch die Fahrzeugtechnik bestimmt wird, sondern auch durch den Risikofaktor Mensch.

In dem Maße, wie das Auto auf dem Weg zum (teil-)autonomen Fahren neben dem Zuhause und dem Arbeitsplatz zum ‚Third Place‘ wird und sich die Nutzerzentrierung auf alle Passagiere bezieht, stellt das Wohlbefinden an Bord (Well-being) eine unverzichtbare Zielgröße dar.

Die Zielerreichung von Safety und Wellbeing hängt zunächst von der Vitalität der Fahrzeuginsassen ab. Die Einbindung von Vitaldaten, die z. B. auf Wearables verfügbar sind bzw. im Fahrzeug ermittelt werden, stellen die wesentliche Eingangsgröße für geeignete Maßnahmen zur Sicherstellung von Safety und Wellbeing dar. Darüber hinaus gehört der Blick auf die persönlichen Vitaldaten vielfach zum Lifestyle gesundheits- und fitness-orientierter Nutzer.

## Safety first

In der Europäischen Union ist mit der für Neuwagen ab 2018 verpflichtenden Einführung des E-Calls eine wesentliche Grundlage geschaffen worden. Dieser wird bei einem Aufprall automatisch aktiviert (ausgelöst durch die Sensorik in Airbags und Gurtstraffer) bzw. kann bei einem Nothalt mit der Stopp-Taste auch manuell betätigt werden. In beiden Fällen werden automatisch wesentliche Daten zum Fahrzeug, zur Anzahl der Insassen (sofern angeschnallt), zur Fahrzeugposition und zur Fahrtrichtung übertragen. Damit sind jedoch längst nicht alle Gefahren beseitigt, die aus menschlichem Fehlverhalten oder gesundheitlichen Notsituationen heraus entstehen können. Hier setzen die dargestellten Produktbeispiele an, die sich wesentlich auf zwei Handlungsfelder konzentrieren:

- auf präventive Unfallverhütung bei mangelnder Aufmerksamkeit des Fahrers (insb. durch Driver-Monitoring-Systeme)
- und Hilfestellung bei erkannten medizinischen Notfällen (durch das Fahrzeug eingeleiteter Notstopp, Aktivierung der Warnblinkanlage bzw. automatische Verständigung eines Rettungsdienstes mit Übertragung der erforderlichen Fahrzeugdaten analog des E-Calls).

## Wellbeing second

Technologien, die das Wohlbefinden von Fahrer und Passagieren verbessern, sind seit Jahrzehnten Bestandteil automobiler Entwicklung. Hierzu gehören z. B. zonale Klimatisierungssysteme, Luftreinigung, Sitzheizung und -lüftung, Lordosenstütze und Massagesitze, Oberflächenheizung z. B. im Lenkrad, Dämmglas zur Minderung der Sonneneinstrahlung, Beleuchtungskonzepte u. v. m. Dieser Fahrzeugkomfort ist vielfach zum Standard in Fahrzeugen geworden, lange bevor Automotive Health ein Thema war.

Automotive Health ist mehr als nur dafür zu sorgen, dass sich die Insassen eines Fahrzeugs wohlfühlen. Insbesondere zwei Handlungsfelder sind dabei von Bedeutung:

- Hilfestellung durch präventive Maßnahmen bei erkannten physischen oder mentalen Anomalitäten durch Anpassung der Fahrzeugumgebung (Sitzposition, Klimatisierung und Lüftung, ambiente Beleuchtung, Sound, Düfte u. a.). Diese Anpassung kann in Abhängigkeit von relevanten Vitalparametern automatisiert durch das Fahrzeug vorgenommen werden.
- Hilfestellung für Insassen mit medizinischen Vorerkrankungen (z. B. Diabetes, Herzkrankheiten, Allergien) durch laufende Überwachung des Blutzuckerspiegels, in den Autositz integrierte Möglichkeiten zur EKG-Messung, Erkennung von Luftverunreinigungen und verbesserte Filtration).

## Vitalität

Die Grundlage für all diese Maßnahmen bilden die Erfassung und Auswertung relevanter Vitalparameter in Echtzeit, die im Fahrzeug erfolgen oder von Wearables an das Fahrzeug übertragen werden können. Wesentliche Daten sind dabei Blutdruck / Puls, EKG, Körpertemperatur, Hautleitwiderstände, Augenbewegungen, Mimik, Stimme, Atemgeräusche sowie Fahrerdaten vom Sitz.

Dies setzt die Integration anspruchsvoller Technologien voraus:

- bei der Erfassung von Vitaldaten (diverse Sensortechnologien, berührungslöse Impedanzmessungen, Eye-Tracking, Elektroden u. a.)
- bei der Echtzeitanalyse der ermittelten Daten (Software mit komplexen Algorithmen und KI-Einsatz)
- bei der nutzerzentrierten Anzeige von relevanten Parametern (z. B. Visualisierung im Cockpit oder Head-up-Display), ohne dabei den Autofahrer zu überfordern (Aufmerksamkeit, Interpretation der Ergebnisse).

Diese Daten können auch für ein Vitalitätscoaching bzw. telemedizinische Maßnahmen genutzt werden.

## Ausblick und Perspektiven

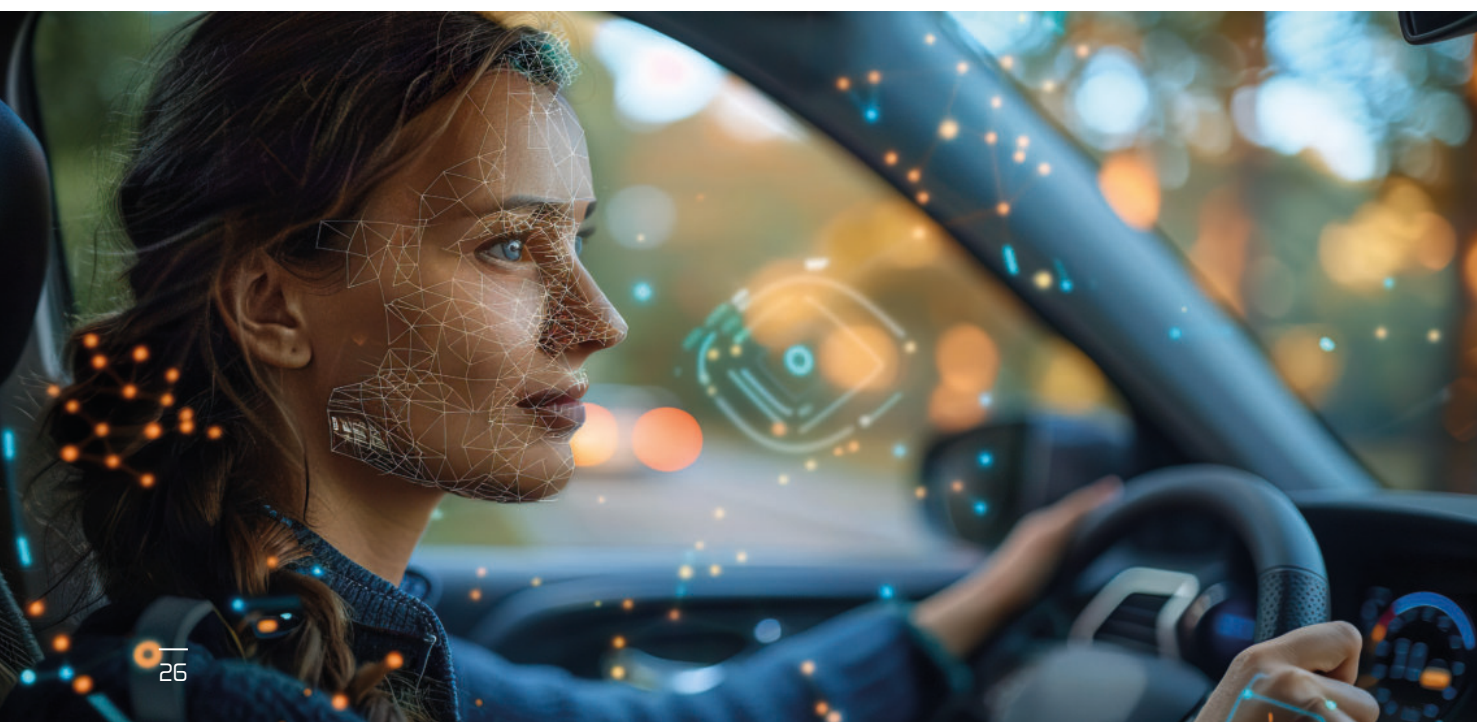
Automotive Health ist ein wesentlicher Trend zukünftiger Automobilität, der durch die Digitalisierung und Vernetzung der Autos technisch möglich und durch die damit verbundenen individuellen und gesellschaftlichen Benefits notwendig geworden ist.

Den größten Nutzen und beste Marktaussichten haben Produkte und Services im Bereich Driver-Monitoring-Systeme, die die Sicherheit des Autofahrens erhöhen. Dafür sind jedoch eine hohe Zuverlässigkeit der ermittelten Vitalparameter, multimodale Datenfusion und Schutz vor Cyberattacken zwingende Voraussetzungen. Verfügbare Marktanalysen prognostizieren für den Zeitraum 2023 – 2032 in diesem Segment Wachstumsraten von ca. 25 % pro Jahr.

Dazu müssen Fahrzeuge nicht zu rollenden Medizinstationen werden, deren Ausstattung aufgrund der damit verbundenen Kosten nicht einmal im Premiumsegment marktfähig wäre. Ein realistischer und kostengünstigerer Ansatz ist die Einbindung von Health-Anwendungen auf Wearables und Medizinprodukten der Nutzer und ggf. deren Verknüpfung mit einer ergänzenden Vitaldatenerfassung im Fahrzeug. Dies wird heute bereits praktiziert und wird künftig noch intensiver genutzt werden müssen, insbesondere bei Menschen mit medizinischen Vorerkrankungen.

Auch die Unterstützung bei medizinischen Notfällen wird weiter zunehmen (ggf. Ausweitung der E-Calls-Systematik und Zunahme telemedizinischer Versorgung).

Auch das breite Technologie-Angebot zum Wohlbefinden im Auto wird einen wachsenden Markt finden, der allerdings auf den Premium-Bereich begrenzt bleiben bzw. als Function on Demand zubuchbar werden wird.





# Cybersicherheit in Fahrzeugen

**H**erausforderungen und Lösungen für Zulieferer Fahrzeuge sind heutzutage mehr als nur Transportmittel. Sie sind hochkomplexe, vernetzte und intelligente Systeme, die eine Vielzahl von Funktionen und Diensten bieten, wie z. B. Navigation, Entertainment, Fahrerassistenz oder teilautonomes Fahren. Diese Funktionen und Dienste basieren auf einer Reihe von Hardware- und Softwarekomponenten, die miteinander kommunizieren, um Daten zu generieren, zu verarbeiten und auszutauschen.

**Autoren:**

**Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald &  
Dr. Daniel Plorin**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)



Die Vernetzung von Fahrzeugen mit ihrer Umgebung, wie z. B. anderen Fahrzeugen, Infrastrukturen oder Cloud-Diensten, eröffnet neue Möglichkeiten für Innovationen, Effizienz und Komfort, birgt aber auch neue Bedrohungen und Herausforderungen für die Cybersicherheit. Diese stellt eine große Herausforderung für die Automobilindustrie dar, insbesondere für die Zulieferer, die einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung und Bereitstellung von Fahrzeugkomponenten leisten. Die Zulieferer müssen nicht nur die steigenden technischen Anforderungen an die Sicherheit ihrer Produkte erfüllen, sondern auch die wachsenden regulatorischen Anforderungen an die Sicherheit des gesamten Fahrzeugsystems sowie einzelner Komponenten.

So verlangen beispielsweise die UNECE-Richtlinien R155 und R156, dass alle Neuwagen ab dem 7. Juli 2022 über ein Cyber Security Management System (CSMS) verfügen, das den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs abdeckt, von der Entwicklung über die Produktion bis hin zur Wartung. Außerdem müssen Hersteller einen Prozess der Typgenehmigung durchlaufen, um die Konformität ihrer Fahrzeuge mit den Cybersicherheitsanforderungen nachzuweisen. Diese neuen Vorschriften haben erhebliche Auswirkungen auf die Fahrzeugmodelle und somit auch auf die Zulieferer.

Einige Modelle, wie z. B. der VW Up, der Porsche Boxster/Macan und der VW T6.1, werden aufgrund der hohen Kosten für die Software-Aufrüstung eingestellt. Andere Modelle, die vor dem 7. Juli 2022 auf den Markt kamen, erhalten eine Übergangsfrist bis Sommer 2024, um die neuen Cybersicherheitsstandards zu erfüllen. Diese Modelle müssen jedoch regelmäßig aktualisiert und überwacht werden, um mögliche Schwachstellen oder Angriffe zu erkennen und zu beheben.

## Bedrohungen

Ein Bericht von VicOne, ein renommiertes Service- und Beratungsunternehmen speziell zu Cybersicherheit, hebt hervor, dass die Automobilindustrie in der ersten Jahreshälfte Verluste von mehr als 11 Milliarden US-Dollar durch Cyberangriffe erlitten hat, wobei die Lieferkette als Hauptziel identifiziert wurde. Über 90% dieser Angriffe zielten nicht direkt auf OEMs, sondern auf Zulieferer ab, was die Notwendigkeit unterstreicht, die gesamte Lieferkette zu schützen.

Die zunehmende Komplexität der Fahrzeuge, die Nutzung und Monetarisierung von Automobildaten, sowie der Einsatz von Konnektivität und Automatisierung eröffnen neue Angriffsvektoren wie Ransomware und das Eindringen in Backend-Cloud-Infrastrukturen. Zu den dokumentierten Sicherheitslücken gehören unter anderem Out-Of-Bounds Write (OOBW), Buffer Overflow und falsche Eingabevalidierungen. Die meisten Schwachstellen finden sich in Chipsätzen und Infotainment-Systemen wieder.

## Fahrzeugarchitektur

Die Fahrzeugarchitektur ist einem ständigen Wandel unterworfen, um die steigenden Anforderungen an Leistung, Komplexität und Konnektivität zu erfüllen. Einige der aktuellen Trends in der Fahrzeugarchitektur sind z. B.:

- Die Zentralisierung oder Konsolidierung von electronic control units (ECUs), die darauf abzielt, die Anzahl und Vielfalt der ECUs zu reduzieren und stattdessen leistungsstarke und multifunktionale Computerplattformen zu verwenden, die mehrere Anwendungen ausführen können. Dies kann die Effizienz, Flexibilität und Skalierbarkeit der Fahrzeugarchitektur verbessern, aber auch die Angriffsfläche und die Abhängigkeit von einzelnen Komponenten erhöhen.
- Die Virtualisierung oder Containerisierung von Anwendungen, die darauf abzielt, verschiedene Anwendungen in virtuellen Maschinen oder Containern laufen zu lassen, die sich von der Hardware darunter lösen. Dies kann die Anwendungen sicherer, portabler und wiederverwendbarer machen, aber auch mehr Komplexität und Ressourcen verlangen. Ein Container ist ein Softwarepaket, das alles Wichtige zum Ausführen von Software enthält: Code, Laufzeit, Konfiguration und Systembibliotheken.
- Die Cloudifizierung oder Edge-Computing von Anwendungen, die darauf abzielt, die Rechenleistung und den Speicherplatz des Fahrzeugs zu erweitern, indem einige Anwendungen oder Funktionen auf entfernten Servern oder nahegelegenen Geräten ausgeführt werden. Dies kann die Funktionen, Dienste und Updates des Fahrzeugs verbessern, aber auch die Latenz, Bandbreite und Vertraulichkeit beeinträchtigen.

## Fahrzeugkomponenten

Die Fahrzeugkomponenten sind die einzelnen Hardware- und Softwareelemente, die die Fahrzeugarchitektur bilden. Diese sind für die Cybersicherheit in Fahrzeugen von großer Bedeutung, da sie die potenziellen Ziele oder Vektoren für Angriffe darstellen. Die wichtigsten Fahrzeugkomponenten aus Sicht der Cybersicherheit sind z. B.

- Die Sensoren, die die Daten erfassen, die für die Funktionen und Dienste des Fahrzeugs notwendig sind. Die Sensoren müssen in der Lage sein, genaue, verlässliche und zeitnahe Daten zu liefern, die nicht manipuliert oder gefälscht werden können. Die Sensoren müssen auch vor physischen Schäden oder Sabotage geschützt werden.
- Die Aktuatoren, die die physischen Aktionen ausführen, die für die Funktionen und Dienste des Fahrzeugs

notwendig sind. Die Aktuatoren müssen in der Lage sein, präzise, konsistente und angemessene Aktionen auszuführen, die nicht blockiert oder umgeleitet werden können. Die Aktuatoren müssen auch vor physischen Schäden oder Sabotage geschützt werden.

- Die ECUs, die die Datenverarbeitung, -übertragung und -koordination für die Funktionen und Dienste des Fahrzeugs übernehmen. Die ECUs müssen in der Lage sein, die Integrität, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit der Daten zu gewährleisten, die nicht verändert, abgefangen oder unterbrochen werden können. Die ECUs müssen auch vor physischen oder logischen Angriffen geschützt werden, die ihre Funktionsfähigkeit oder Leistung beeinträchtigen oder kompromittieren können.

Die Anwendungen, die die Funktionen und Dienste des Fahrzeugs bereitstellen. Die Anwendungen müssen in der Lage sein, die Korrektheit, Robustheit und Kompatibilität ihrer Funktionen und Dienste zu gewährleisten, die nicht fehlerhaft, anfällig oder inkonsistent sein können. Die Anwendungen müssen auch vor Schadsoftware oder unerwünschter Software geschützt werden, die ihre Funktionen oder Dienste beeinträchtigen oder missbrauchen können. Die Kommunikationsschnittstellen und -protokolle, die die Kommunikation des Fahrzeugs mit seiner Umgebung ermöglichen. Diese müssen in der Lage sein, die Authentizität, Autorisierung und Verschlüsselung der Kommunikation zu gewährleisten, die nicht gefälscht, abgehört oder manipuliert werden können. Die Kommunikationsschnittstellen und -protokolle müssen auch vor Störungen oder Denial-of-Service-(DoS)-Angriffen geschützt werden, die die Kommunikation behindern oder verhindern können.

## Fahrzeugfunktionen

Die Fahrzeugfunktionen und -dienste sind die Leistungen, die das Fahrzeug seinen Nutzern bietet. Sie haben einen direkten Einfluss auf die Sicherheit und Zufriedenheit der Nutzer. Die Fahrzeugfunktionen und -dienste sind für die Cybersicherheit in Fahrzeugen relevant, da sie die potenziellen Ziele oder Motive für Angriffe darstellen. Die wichtigsten Fahrzeugfunktionen und -dienste aus Sicht der Cybersicherheit sind:

Die Navigation, die dem Nutzer Informationen über den Standort, die Route und die Verkehrsbedingungen liefert. Die Navigation muss in der Lage sein, genaue, aktuelle und relevante Informationen zu liefern, die nicht falsch oder irreführend sind. Die Navigation muss auch vor Störungen oder Umleitungen geschützt werden, die den Nutzer in Gefahr bringen oder vom Ziel abbringen können.

Das Entertainment, das dem Nutzer Unterhaltung, Information oder Kommunikation bietet. Das Entertainment muss in der Lage sein, hochwertige, anpassbare und sichere Inhalte zu liefern, die nicht unangemessen oder schädlich sind. Das Entertainment muss auch vor Eingriffen oder Spionage geschützt werden, die die Privatsphäre oder Präferenzen des Nutzers verletzen oder beeinflussen können. Die Fahrerassistenz, die dem Nutzer Unterstützung, Warnung oder Intervention bei der Fahrzeugsteuerung bietet. Die Fahrerassistenz muss in der Lage sein, effektive, angemessene und vertrauenswürdige Funktionen zu bieten, die nicht fehlerhaft oder gefährlich sind. Die Fahrerassistenz muss auch vor Deaktivierung oder Übernahme geschützt



werden, die die Sicherheit oder Kontrolle des Nutzers über das Fahrzeug gefährden oder beeinträchtigen können.

Das autonome Fahren, das dem Nutzer die vollständige oder teilweise Automatisierung der Fahrzeugsteuerung bietet. Das autonome Fahren muss in der Lage sein, sichere, komfortable und konforme Funktionen zu bieten, die nicht unsicher oder illegal sind. Das autonome Fahren muss auch vor Störungen oder Sabotage geschützt werden, die die Sicherheit oder Verantwortung des Nutzers für das Fahrzeug gefährden oder aufheben können.

Regularien

Aktuelle Regularien, die für Zulieferer in der Automobilindustrie hinsichtlich Software und Hardware von Fahrzeugarchitekturen relevant sind, umfassen insbesondere die UN-Regelungen zur Cybersicherheit und Software-Updates. Diese wurden durch die UNECE (Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa) eingeführt und zielen darauf ab, die Risiken zu mindern, die durch die Digitalisierung und Vernetzung von Fahrzeugsystemen entstehen. Die Regelungen umfassen u.a. Bereiche wie sichere Software-Updates: Die Sicherheit der Fahrzeuge darf durch Updates nicht kompromittiert werden, wobei eine rechtliche Grundlage für sogenannte Over-the-Air (OTA) Updates zur On-Board-Fahrzeugsoftware geschaffen wird.

Die durch diese Regularien adressierten Bedrohungen betreffen eine Vielzahl von Cyberrisiken, die mit der zunehmenden Komplexität elektronischer Systeme in Fahrzeugen und deren Vernetzung mit der Außenwelt zusammenhängen. Hierzu gehören unter anderem das unautorisierte Entriegeln von Türen und Fenstern durch Kriminelle, das Deaktivieren von Sicherheitssystemen kritischer Funktionen und die Beeinträchtigung der Fahrzeugsicherheit und des Datenschutzes der Verbraucher.

## Fazit

Die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung von Fahrzeugen bringt neue Herausforderungen im Bereich der Cybersicherheit mit sich. Diese Entwicklung erfordert von der Automobilindustrie und ihren Zulieferern, sich intensiv mit technischen, organisatorischen und rechtlichen Aspekten der Sicherheit auseinanderzusetzen. Fahrzeuge, die zunehmend auf Software, Sensoren, Kommunikationstechnologien und künstliche Intelligenz angewiesen sind, stellen potenzielle Ziele für Cyberangriffe dar.

Die Herausforderungen sind vielfältig und resultieren aus der Komplexität und Dynamik der Fahrzeugsysteme sowie deren Interaktion mit der Umgebung. Diese umfassen die Vielfalt der potenziellen Angriffsvektoren, die Gewährleistung der Sicherheit über den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeugsysteme, die Abhängigkeit von externen Partnern und Dienstleistern, die Anpassung an sich ändernde Bedrohungen und die Einhaltung gesetzlicher sowie regulatorischer Anforderungen. Zudem beeinflussen Trends wie zunehmende Automatisierung und

Autonomie, wachsende Konnektivität und Interoperabilität, steigende Digitalisierung und Software-Intensität, Diversifizierung und Personalisierung von Fahrzeugen sowie eine verstärkte Sensibilisierung und Regulierung die Entwicklung und den Betrieb von Fahrzeugen.

Für Zulieferer in der Automobilindustrie ergeben sich aus diesen Herausforderungen nicht nur Anforderungen, sondern auch Chancen. Sie sind gefordert, Hardware- und Software-Komponenten zu entwickeln, die den hohen Sicherheitsanforderungen gerecht werden und die Sicherheit der Fahrzeugsysteme über deren gesamten Lebenszyklus sicherstellen. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit mit Automobilherstellern und anderen Zulieferern, die Einhaltung von Standards und Best Practices sowie eine kontinuierliche Anpassung an neue Sicherheitsbedrohungen. Zugleich können sich Zulieferer als kompetente und vertrauenswürdige Partner im Bereich der Cybersicherheit positionieren und von der steigenden Nachfrage nach sicheren, vernetzten und automatisierten Fahrzeugen profitieren.



# LRP - Kompetenz Im Bereich Smart Batterie-Recycling

**A**llroundspezialist im Fahrzeugrecycling – die Mitteldeutsche Autorecycling (MAR Holding) stellt sich vor: Die Mitteldeutsche Autorecycling ist ein führendes Unternehmen im Bereich des Altfahrzeugrecyclings, der Fahrzeuglogistik und IT-Software für Altfahrzeugverwerter. Zur Unternehmensgruppe gehören fünf hochmoderne Recyclingzentren in Ost- und Mitteldeutschland (LRP-Gruppe), eine eigene Logistiksparte (Autologistik Leipzig und Autologistik Nord) sowie mit smoods der modernste und innovativste Software-Anbieter für Altfahrzeugverwerter. Das Portfolio komplettiert das von der MAR gehaltene deutschlandweite Rücknahmenetzwerk für Altfahrzeuge (CallCar).



LRP-Autorecycling Leipzig  
GmbH

Seit ihrer Gründung im Jahr 1994 hat sich LRP – und später dann die MAR – zu einem modernen Spezialisten für Fahrzeugverwertung und -entsorgung entwickelt und agiert sowohl deutschlandweit als auch europaweit. Mit über 15.000 verwerteten Fahrzeugen pro Jahr gehört das Unternehmen zu den Marktführern der Branche. Durch seine langjährige Erfahrung im Neu- und Gebrauchtteilehandel sowie in der Rohstoffrückgewinnung hat sich die LRP eine starke Marktposition erarbeitet. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der umweltgerechten und effizienten Verwertung der Altfahrzeuge.

Das Unternehmen verfolgt das Ziel, eine nachhaltige und zirkuläre Wirtschaft zu fördern. Dieser Anspruch ist eng verknüpft mit der Zielstellung der deutschen Automobilindustrie einer klimaneutralen Mobilität in Europa bis spätestens 2050. Um dieses Ziel gemeinsam zu erreichen, arbeitet die MAR mit vielen weiteren Teilnehmern der automobilen Wertschöpfungskette zusammen an neuen Geschäftsmodellen und innovativen Projekten.

## Vor welchen Herausforderungen steht die Branche?

Der aktuell (September 2024) vorgelegte Bericht des Umweltbundesamtes (UBA) sowie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) bestätigt den Trend der letzten Jahre: Die Gesamtzahl der Altfahrzeuge, die von zertifizierten Verwertern behandelt wurden, lag im Jahr 2022 bei gerade einmal 290.000. Im Vergleich zum Vorjahr ein Rückgang um mehr als 100.000 Fahrzeuge und gleichbedeutend mit einem historischen Tiefstwert seit Beginn der statistischen Erhebung.

Insgesamt wurden 2022 circa 2,87 Millionen Fahrzeuge endgültig außer Betrieb gesetzt. Der Großteil dieser Fahrzeuge (2,43 Mio.) wurde als Gebrauchtfahrzeuge in das europäische und nichteuropäische Ausland exportiert. Hervorzuheben ist der auf Schätzungen basierende Wert von mindestens 150.000 Fahrzeugen, die einen gänzlich unbekannten Verbleib haben. Dieser ist vorrangig auf die Demontage in nicht zertifizierten, illegalen Betrieben zurückzuführen.

Bemerkenswert: Bei einer Gesamtzahl von 991 zertifizierten Verwertern im Jahr 2022, betreiben mehrere tausend Anbieter auf eBay Shops zum Verkauf von gebrauchten Fahrzeugkomponenten. Die LRP mit ihren fünf Standorten besitzt einen Shop. Die Problematik der Vielzahl an nicht zertifizierten Verwertern lässt sich an diesem Zahlenbeispiel eindrücklich darstellen. Die mittlerweile 30-jährige Markterfahrung der LRP zeigt zudem, dass die Dunkelziffer an illegal demontierten Fahrzeugen ein Vielfaches der offiziellen Zahl von ca. 150.000 beträgt.

Als Grund für diesen hohen Wert an illegal demontierten Fahrzeugen gilt die Nichteinhaltung gesetzlicher Bestimmungen in Form des Verwertungsnachweises. Dieser kann

nur von zertifizierten Verwertern ausgestellt werden und dient als Bescheinigung über die ordnungsgemäße Verbringung von gefährlichem Abfall, den Altfahrzeuge darstellen. Die fehlende Nachverfolgung, ob ein Verwertungsnachweis für ein Altfahrzeug ausgestellt wurde oder nicht, mündet in Zulauf für illegale Verwertungsbetriebe. Somit entsteht eine erhebliche Umweltbelastung insbesondere durch unsachgemäße Demontageverfahren und das Nicht-Einhalten gesetzlicher Vorgaben für nachhaltige Praktiken. Der heimischen Kreislaufwirtschaft gehen zudem tausende Tonnen an wertvollen Rohstoffen verloren.

Neben der unzureichenden Nachverfolgung des Verwertungsnachweises sind weitere Herausforderungen der Branche eine geringe Digitalisierung, der hohe Anteil an manuellen Prozessen sowie eine unzureichende Datengrundlage über Fahrzeugverbleib und Fahrzeugdaten.

Als größter Altfahrzeugverwerter Deutschlands setzt die MAR/LRP an genau diesen Punkten an und leistet bereits seit Jahren innovative Pionierarbeit.

## Smart Car Recycling – wie die MAR-Altfahrzeugrecycling neu denkt

Als essenzieller Bestandteil der Kreislaufwirtschaft und im Einklang mit dem Ziel der deutschen Automobilindustrie, bis 2050 klimaneutrale Mobilität zu erreichen, verfolgt die Mitteldeutsche Autorecycling einen klaren Kurs: Der Fokus liegt auf Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsprojekten, die nicht nur der MAR, sondern der gesamten Verwerterbranche zugutekommen.

## Digitalisierung der Wertschöpfungskette durch Catena-X

Als Konsortialmitglied des Förderprojektes Catena-X hat LRP dazu beigetragen, die Interessen und Anforderungen der Altfahrzeugverwerter zu vertreten sowie wertvolle Daten zu teilen, die für die Digitalisierung der Industrie notwendig sind.

Catena-X ist das erste kollaborative und offene Datenökosystem für die Automobilindustrie. Das Ziel ist die gesamte Digitalisierung der Wertschöpfungskette – vom Zulieferer bis zum Recycler. Gerade dem End-of-Life der Kette kommt eine besondere Bedeutung zu, da an diesem Punkt der Kreis zu den Herstellern und Zulieferern geschlossen werden kann.

Der mögliche Nutzen für die Verwerterbranche ist enorm: Fahrzeuge sind transparenter, können somit bis ins Detail ausgelesen werden. Das vereinfacht die Entscheidung über die bestmögliche Recyclingstrategie für jede einzelne Komponente (Re-Use; Recycling; Remanufacturing).

Die Transparenz über detaillierte Materialzusammensetzungen ermöglicht zielgenaueres Recycling sowie eine bessere Preisbewertung. Zudem können konkrete Vorgaben an die Automobilhersteller entwickelt werden, um die Recyclingfähigkeit einzelner Komponenten zu verbessern und den Designprozess im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Demontagefähigkeit zu optimieren (Design-for-Recycling).

## Nachhaltigkeit im Fokus – Das Förderprojekt Digma-DT

Geringer Digitalisierungsgrad, eine mangelhafte Datenlage und nahezu ausschließlich manuelle Prozessketten: Inmitten dieser Herausforderungen hat das Thema Nachhaltigkeit im Automobilrecycling bisher kaum Beachtung gefunden. Angesichts der zunehmenden Bedeutung einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft und der steigenden regulatorischen Vorgaben gewinnt dieser Aspekt im Fahrzeugrecycling jedoch zunehmend an Relevanz.

Als innovativer Vorreiter der Branche hat es sich die LRP daher zum Ziel gesetzt, Transparenz über Emissionsdaten zu schaffen und erstmalig ein Life Cycle Assessment (LCA) bei einem Altfahrzeugverwerter durchzuführen.

Als Konsortialführer des vom BMUV geförderten Projektes Digma-DT (Digitalisation of Dismantling with Digital Twins) arbeitet LRP mit starken Partnern daran, ein Life Cycle Assessment für den Standort in Krostitz durchzuführen. Die Erkenntnisse erlauben eine Einschätzung darüber, wie Emissionswerte bei einem Altfahrzeugverwerter bestimmt werden können, welche Einsparpotenziale bestehen und wo die Emissions-Hotspots liegen. Dabei lag besonderer Fokus darauf, die Berechnungen gemäß den Vorgaben des Product Carbon Footprint Rulebooks (PCF-Rulebook) von Catena-X auszugestalten, um eine regelkonforme und standardisierte Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Bilanz sicherzustellen. Somit wird gewährleistet, dass die im Rahmen des Projektes erfassten Daten künftig nahtlos über eine Schnittstelle mit anderen Unternehmen im Catena-X Netzwerk ausgetauscht werden können.

Die Emissionsdaten werden auf Prozessebene erhoben und in einem Allokationsverfahren auf Komponenten umgeschrieben. Diese Information wird schlussendlich im Digitalen Zwilling der Komponente gespeichert.

Die Corporate Sustainability Directive (CSRD) verpflichtet eine immer größer werdende Anzahl an Unternehmen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung. Über die Datenerhebung entlang der Lieferketten sind somit künftig auch die KMUs der Verwerterbranche in der Pflicht, Nachhaltigkeitsberichte zu verfassen, Emissionsdaten zu erheben und CO<sub>2</sub>-Daten zu teilen. Mit dem Projekt Digma-DT werden die Grundlagen geschaffen, um genau diesen Anforderungen gerecht zu werden.

## Ausblick – Wie gestaltet sich die Zukunft?

Die gesamte Branche richtet besonderes Augenmerk auf den im Jahr 2023 vorgelegten Vorschlag der EU-Kommission für eine neue Altfahrzeugverordnung. In Zusammenarbeit mit Recyclingverbänden arbeiten die MAR und zahlreiche andere Verwerter kontinuierlich an Anpassungsvorschlägen, um das zukünftige Fahrzeugrecycling sowohl ökonomisch effizienter als auch ökologisch nachhaltiger zu gestalten.

(Teil-)automatisierte Demontage, Künstliche Intelligenz zur automatisierten Auswertung von Bauteil- oder Fahrzeugzuständen oder ganze Straßen für die rohstoffliche Rückdemontage von Altfahrzeugen: Die Bandbreite an möglichen weiteren Projekten ist enorm. Die MAR arbeitet beständig daran, sinnvolle Projekte umzusetzen, um Digitalisierung und Nachhaltigkeit in der Branche voranzutreiben. Das Ziel ist es, die Altfahrzeugverwertung in einem großen industriellen Maßstab voranzutreiben und in drei bis fünf Jahren einen Fahrzeugdurchsatz von mindestens 100.000 Fahrzeugen zu erreichen.





# Driving the Future

Autoren:

**Chaytania Mahajan &  
Prof. Dr.-Ing. Stephan  
Odenwald**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI)

**D**ie Lieferkette für Lithium-Ionen-Batterien (LiBs) ist ein komplexes und detailliertes globales Netzwerk, das mehrere anspruchsvolle Stufen der Rohstoffgewinnung, Verarbeitung und Herstellung umfasst. Die Rohmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien stammen aus verschiedenen Ländern, wobei die Lieferkette oft von China dominiert wird, insbesondere bei der Weiterverarbeitung. Die wichtigsten Rohstoffe sind Lithium, Kobalt, Nickel und Graphit.

### Übersicht: Herkunft der Hauptrohstoffe von Lithium-Ionen-Batterien

**Lithium:** Derzeit ist **Australien** der größte Lithiumproduzent (über Felsgestein/Spodumen), gefolgt von **Chile und China**. In Südamerika (Chile, Argentinien, Bolivien) liegen die größten Reserven im sogenannten "Lithium-Dreieck", wo es meist aus Sole gewonnen wird.

**Kobalt:** Über 60 Prozent des weltweiten Kobaltbedarfs werden in der **Demokratischen Republik Kongo (DRK)** abgebaut. Weitere, aber deutlich kleinere Produzenten sind Kanada, Australien und Marokko.

**Nickel:** Bedeutende Nickelvorkommen gibt es in verschiedenen Ländern, unter anderem in Russland, Kanada, Australien und Indonesien.

**Graphit:** Natürlicher Graphit wird hauptsächlich in China, Indien und Brasilien gefördert.

### Rohstoffgewinnung:

Die Gewinnung von Lithium beginnt hauptsächlich aus Salzlagenvorkommen im sogenannten „Lithium-Dreieck“ Südamerikas – bestehend aus Chile, Argentinien und Bolivien – sowie aus Hartgesteinsminen in Australien. Kobaltproduktion ist überwiegend in der Demokratischen Republik Kongo konzentriert, die über 60 % der weltweiten Produktion ausmacht. Die Nickelproduktion verteilt sich auf Hauptproduzenten wie Indonesien, die Philippinen und Russland, während die Graphitproduktion überwiegend von China dominiert wird, wobei sich neue Quellen in Afrika und Nordamerika entwickeln.

### Materialverarbeitung:

In der Materialverarbeitungsphase werden Rohstoffe in batteriefähige Komponenten umgewandelt. Rohes Lithium wird in Lithiumkarbonat oder Lithiumhydroxid umgewandelt, während Kobalt und Nickel umfangreich raffiniert werden, um hochreine Sulfate zu erzeugen. Synthetischer Graphit wird durch Hochtemperaturbehandlung von Petrolkoks hergestellt, und spezielle Elektrolytsalze wie LiPF<sub>6</sub> werden zusammen mit organischen Lösungsmitteln produziert. Obwohl die Rohstoffe global abgebaut werden, findet ein Großteil der chemischen Verarbeitung zu batteriefähigen Materialien in China statt. China hat eine dominante Position in der gesamten Lieferkette aufgebaut und stellt über 70 Prozent

der weltweiten Batteriezellen her. Australien exportiert beispielsweise fast sein gesamtes Lithium zur Weiterverarbeitung nach China (China Dominates Global Trade of Battery Minerals - U.S. Energy Information Administration (EIA), n.d.). Europa und andere Regionen arbeiten daran, eigene Lieferketten und Raffinerien aufzubauen, um diese Abhängigkeit zu verringern.

### Herstellung von Zellkomponenten:

Die Herstellung von Zellkomponenten ist eine weitere kritische Phase, in der durch chemisches Engineering Rohstoffe in batteriefähige Komponenten umgewandelt werden. Die Kathodenproduktion umfasst das Mischen von Lithiumverbindungen mit Metallen wie Nickel, Mangan und Kobalt. Anoden werden durch Verarbeitung von natürlichem oder synthetischem Graphit hergestellt, während Separatoren als mikroporöse Polymermembranen gefertigt werden. Die Elektrolytherstellung umfasst das sorgfältige Mischen von Lithiumsalzen mit organischen Lösungsmitteln.

### Zellfertigung:

Die Zellfertigung ist ein präzisionsgesteuerter Prozess, bei dem aktive Materialien sorgfältig auf Metallfolienstromkollektoren aufgetragen werden. Die Zellen werden durch Stapeln oder Wi-

ckeln von Elektroden und Separatoren zusammengebaut, gefolgt von der Befüllung mit Elektrolyt und Versiegelung. Durch Formationszyklen, bei denen anfängliche Lade-Entlade-Zyklen durchgeführt werden, wird die grundlegende Chemie der Zelle stabilisiert.

## Batteriepackmontage:

Die Batteriepackmontage integriert mehrere Zellen in Module und enthält fortschrittliche Thermomanagement- und Batteriemanagementsysteme (BMS). Diese Module werden dann zu kompletten Batteriepacks zusammengebaut, die für verschiedene Anwendungen bereit sind.

## Endanwendungen:

Die Endanwendungen umfassen mehrere kritische Bereiche wie Elektrofahrzeuge, Unterhaltungselektronik wie Smartphones und Laptops sowie großflächige Energiespeichersysteme zur Integration erneuerbarer Energien und Netzstabilisierung.

## Identifizierung bestehender Herausforderungen und Probleme

### Ressourcenknappheit und geopolitische Risiken:

Ressourcenknappheit und geopolitische Risiken stellen erhebliche Herausforderungen dar, insbesondere für Schlüsselmaterialelemente wie Lithium, Kobalt und Nickel. Die Versorgungssicherheit von Lithium wird zunehmend kritisch, da die Nachfrage laut einem Bericht der Boston Consulting Group (2010) bis 2025 die Produktionskapazitäten übersteigen könnte. Die Kobaltproduktion ist stark in der Demokratischen Republik Kongo konzentriert, was politische Instabilität und ethische Bergbaupraktiken mit sich bringt (Korthauer, 2018). Klasse-1-Nickel, das für die Batterieproduktion geeignet ist, könnte durch Exportbeschränkungen Indonesiens, die auf die Förderung der heimischen Verarbeitung abzielen, knapp werden.

### Umweltauswirkungen:

Die Umweltauswirkungen stellen eine weitere große Herausforderung dar. Die Lithiumgewinnung aus Salzseen verbraucht erhebliche Mengen Wasser in oft wasserarmen Regionen. Der Tagebau von Hartgestein-Lithium und anderen Mineralien kann zu Lebensraumzerstörung und Störungen von Ökosystemen führen. Außerdem tragen die energieintensiven Prozesse bei der Rohstoffgewinnung und Batterieproduktion erheblich zu den Treibhausgasemissionen bei.

### Verwundbarkeit der Lieferkette:

Die Verwundbarkeit der Lieferkette ist eine dringende Sorge, wobei die geografische Konzentration ein Schlüsselproblem darstellt. Über 70 % der Kobaltverarbeitung und 80 % der Kathodenproduktion erfolgen in China, was potenzielle Engpässe schafft. Die Lieferkette von Lithium-Ionen-Batterien ist aufgrund geopolitischer Risiken und Ressourcenknappheit hochgradig anfällig für Störungen. Anhaltende Handelskonflikte zwischen großen Volkswirtschaften könnten den Materialfluss und den Technologietransfer stören. Die COVID-19-Pandemie hat weitere Schwächen in den globalen Lieferketten offengelegt, was zu Produktionsverzögerungen und höheren Kosten führte.

### Skalierbarkeit der Produktion:

Die Skalierbarkeit der Produktion bringt eigene Herausforderungen mit sich. Der Aufbau großflächiger Batterieherstellungsanlagen erfordert Investitionen in Milliardenhöhe, wie von der Boston Consulting Group festgestellt. Die Aufrechterhaltung einer konsistenten Qualität bei der Massenproduktion bleibt eine bedeutende Hürde. Darüber hinaus hat das schnelle Wachstum der Branche die Verfügbarkeit spezialisierter Arbeitskräfte überholt, was zu einem Mangel an Fachkräften geführt hat.

### Leistungsbegrenzungen:

Die Leistungsgrenzen aktueller Lithium-Ionen-Batterien sind ebenfalls problematisch. Die Energiedichte nähert sich den theoretischen Grenzen, was die Reichweite von Elektrofahrzeugen und die Laufzeit von Geräten einschränkt. Schnelles Laden kann zu beschleunigtem Verschleiß und Sicherheitsrisiken führen, während die Leistung bei niedrigen Temperaturen deutlich abnimmt, was zu erheblichem Kapazitätsverlust und reduzierter Ladefähigkeit in kalten Klimazonen führt.

### Sicherheitsbedenken:

Thermisches Durchgehen stellt ein erhebliches Risiko bei Lithium-Ionen-Batterien dar, was zu Bränden oder Explosionen aufgrund interner Kurzschlüsse oder mechanischer Schäden führen kann. Die Bildung von Dendriten beim Schnellladen oder bei niedrigen Temperaturen kann interne Kurzschlüsse verursachen und die Sicherheit der Batterie weiter gefährden.

### Recyclingineffizienzen:

Die aktuellen Recyclingverfahren stehen häufig vor wirtschaftlichen Herausforderungen, da sie kostspieliger sein können als die Primärmaterialgewinnung. Dieses Problem wird durch einen Mangel an Standardisierung im Design von Batteriepacks verschärft, was die Demontage und Materialrückgewinnung erschwert. Darüber hinaus behindert eine unzureichende Sammelinfrastruktur, insbesondere



für Unterhaltungselektronik, die effiziente Sammlung von Altbatterien zum Recycling.

### **Regulatorisches Umfeld:**

Die Lithium-Ionen-Batterieindustrie unterliegt sich schnell entwickelnden Standards in Bezug auf Batteriesicherheit, Leistung und Umweltauswirkungen. Dieses dynamische regulatorische Umfeld stellt Hersteller vor Herausforderungen bei der Einhaltung. Darüber hinaus wächst der Druck auf Produzenten, den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte im Rahmen von erweiterten Produzentenverantwortungsinitiativen zu verwalten, was die betrieblichen Abläufe weiter verkompliziert.

## **Innovative bestehende Lösungen**

### **Fortschrittliche Kathodenmaterialien:**

Fortschrittliche Kathodenmaterialien wurden entwickelt, um die Energiedichte zu verbessern und die Kosten zu senken. Hochnickel-NMC-Kathoden, wie NMC 811, bieten eine erhöhte Energiedichte, wobei einige Formulierungen über 800 Wh/kg auf Materialebene erreichen. Lithium-Eisen-Phosphat-Kathoden (LFP) gewinnen aufgrund ihrer niedrigeren Kosten, verbesserten Sicherheit und längeren Lebensdauer wieder an Interesse, wobei Unternehmen wie BYD LFP-Batterien in ihre Fahrzeugflotten integrieren

### **Silizium-Anoden:**

Silizium-Anoden stellen einen weiteren bedeutenden Fortschritt dar. Unternehmen wie Sila Nanotechnologies entwickeln Silizium-basierte Anoden, die die Energiedichte auf Zellebene um 20–40 % im Vergleich zu Graphit-Anoden erhöhen könnten. Diese Innovationen adressieren die Herausforderung der Volumenausdehnung während der Lithiation durch nanostrukturelles Engineering. Group14 Technologies hat sich mit Porsche zusammengeschlossen, um Silizium-Kohlenstoff-Verbundanodenmaterialien für Hochleistungs-EV-Batterien zu liefern.

### **Nachhaltige Fertigung:**

Nachhaltige Fertigungstechniken werden umgesetzt, um die Umweltauswirkungen zu reduzieren. Trockenbeschichtungstechnologien für Elektroden eliminieren den Bedarf an toxischen NMP-Lösungsmitteln und senken den Energieverbrauch bei der Elektrodenproduktion. Unternehmen wie Redwood Materials schaffen geschlossene Lieferketten, indem sie Batteriematerialien recyceln und diese in die Zellproduktion reintegrieren.

### **Recycling und Second-Life-Anwendungen:**

Recycling- und Second-Life-Anwendungen werden immer ausgedehnter. Li-Cycle hat ein „Spoke-and-Hub“-Recycling-

modell entwickelt, das hydrometallurgische Prozesse nutzt, um bis zu 95 % der Batteriematerialien zurückzugewinnen (siehe Abbildung 3). Fortgeschrittene Batteriemanagementsysteme, wie das von Tesla intern entwickelte System, nutzen maschinelles Lernen, um Ladezyklen zu optimieren und die Batteriebensdauer zu verlängern.

## **Alternative Chemie**

### **Natrium-Ionen-Batterien (Na-Ion)**

Dies ist 2025 die wichtigste kommerzielle Alternative. Statt teurem Lithium wird Kochsalz (Natrium) verwendet. Vorteile: Deutlich günstiger, da keine kritischen Rohstoffe wie Lithium, Kobalt oder Nickel benötigt werden. Sie sind kälteresistent (bis -40 °C entladbar) und sicherer gegen thermisches Durchgehen.

Status 2025: Erste Serienfahrzeuge (z. B. von JAC) sind bereits auf dem Markt. CATL produziert 2025 die zweite Generation mit verbesserter Kapazität.

### **Feststoffbatterien (Solid-State)**

Diese nutzen einen festen statt eines flüssigen Elektrolyten.

Vorteile: Höhere Energiedichte (mehr Reichweite), extrem schnelles Laden und erhöhte Sicherheit.

Status 2025: Die Markteinführung hat begonnen. MG liefert 2025 erste Modelle mit „Semifeststoffakkus“ aus. BMW nutzt die Technologie für Pilotfahrzeuge der „Neuen Klasse“.

Festkörperbatterien stellen eine vielversprechende Zukunftstechnologie dar. QuantumScape entwickelt keramische Festelektrolyte, die Lithium-Metall-Anoden ermöglichen könnten und potenziell die Energiedichte im Vergleich zu aktuellen Lithium-Ionen-Batterien verdoppeln

### **Lithium-Eisenphosphat (LFP)**

Obwohl technisch eine Untergruppe der Lithium-Ionen-Batterien, ist LFP 2025 der Standard für preiswerte Elektroautos und Heimspeicher geworden.

Vorteile: Verzicht auf teures Kobalt und Nickel, extrem langlebig und sicher.

Status 2025: Weitverbreitete Massentechnologie, deren Preise 2025 durch Überkapazitäten massiv gesunken sind.

### **Redox-Flow-Batterien (Flussbatterien)**

Hier wird Energie in flüssigen Chemikalien (oft Vanadium) in externen Tanks gespeichert.

Einsatzgebiet: Ausschließlich stationäre Großspeicher für das Stromnetz.

Vorteile: Nahezu unbegrenzte Lebensdauer und einfache Skalierbarkeit durch größere Tanks.

## Weitere experimentelle Lösungen (Stand 2025)

### **Protonenbatterien:**

Nutzen Wasserstoffionen statt Lithium; 2025 wurden Prototypen mit organischen Materialien vorgestellt, die extrem schnell diffundieren.

Papier- und Bio-Batterien: Erste biologisch abbaubare Konzepte auf Basis von Papier oder Algen wurden 2025 für Kleingeräte präsentiert, um Elektroschrott zu reduzieren. Wichtig für den europäischen Markt ist die seit dem 18. August 2025 vollständig geltende neue EU-Batterieverordnung, die für alle diese Technologien einen „Batteriepass“ und strenge Recyclingquoten vorschreibt.

## Schlussfolgerung

Die Lithium-Ionen-Batterieindustrie befindet sich in einem rasanten Wandel, um den aktuellen Herausforderungen zu begegnen und gleichzeitig die exponentiell wachsende Nachfrage zu befriedigen. Innovationen in der gesamten Wertschöpfungskette führen zu Verbesserungen bei Leistung, Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz. Die fortschrittliche Materialwissenschaft verschiebt die Grenzen der Energiedichte, während neuartige Herstellungsprozesse die Umweltbelastung verringern. Obwohl bereits bedeutende Fortschritte erzielt wurden, ist die weitere Forschung von entscheidender Bedeutung, um die verbleibenden Hürden in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Ressourcen und die Recyclingeffizienz zu überwinden. Die Zukunft sieht vielversprechend aus, denn die Festkörpertechnologie steht kurz davor, die Energiespeicherung zu revolutionieren; allerdings muss dieser Übergang sorgfältig gesteuert werden, um die wirtschaftliche Tragfähigkeit zu gewährleisten. Die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren der Branche ist der Schlüssel zur Beschleunigung der Innovation und zur Bewältigung der regulatorischen Herausforderungen. Im Zuge der weltweiten Umstellung auf saubere Energielösungen und der Durchsetzung der Elektromobilität werden fortschrittliche Batterietechnologien in den kommenden Jahrzehnten eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der globalen Energiesysteme spielen.



# Einbeziehung von Intentionen in die Trajektorienplanung autonomer Fahrzeuge

Autoren:

**Prof. Dr.-Ing. Stephan Odenwald & Dr.-Ing. Stefan Schwanitz**

Chemnitz Automotive  
Institute (CATI),  
ENVISIBLE GmbH

**M**it der schrittweisen Einführung hochautomatisierter Fahrfunktionen wächst die Komplexität des Straßenverkehrs, insbesondere im urbanen Raum. Neben konventionell geführten Fahrzeugen interagieren autonome Fahrzeuge mit vulnerablen Verkehrsteilnehmenden (Vulnerable Road Users, VRUs) wie Fußgänger, Radfahrer, E Scooter- und Motorradfahrenden. Obwohl VRUs meist langsamer sind als Autos, stellen sie die Algorithmen automatisierter Fahrfunktionen vor besondere Herausforderungen: unvorhersehbare Richtungswechsel, kurzfristiges Anhalten, Spurwechsel ohne eindeutige Vorankündigung sowie eine große Varianz individueller Verhaltensmuster. Für eine sichere Trajektorienplanung reicht die momentane Zustandserkennung (z. B. Position, Geschwindigkeit) nicht aus; erforderlich ist eine robuste Kurzfrist Prädiktion des wahrscheinlichen Verhaltens von VRUs im Kontext der aktuellen Verkehrssituation (Song et al., 2022).



Zugleich verschiebt der wachsende Fahrradbestand den Schwerpunkt der Sicherheitsbetrachtungen: unterschiedliche Fahrradtypen (Rennrad, E Bike, Lastenrad etc.) und Nutzungsumgebungen (enge Seitenräume, Mischverkehr, Baustellen) erhöhen die Varianz der relevanten Interaktionsszenarien. Aktuelle Ansätze in Forschung und Industrie berücksichtigen diese Kontextfaktoren und die Intention der VRUs häufig nur indirekt – mit entsprechend eingeschränkter Vorhersagegüte und Sicherheitsmargen. Ein prominentes Beispiel ist das Linksabbiegen eines Radfahrers an einer Kreuzung: Technische Systeme erkennen die Absicht oft erst kurz vor der Handlung (etwa beim späten Einordnen in die linke Spur), während menschliche Fahrer Intentionen aus impliziten Hinweisen (Kopfbewegung, Aufhören der Tretbewegung) und situativem Kontext schon mehrere Sekunden früher antizipieren können. Die Folge sind konservative oder zu späte Manöverentscheidungen der autonomen Fahrzeuge, die Konfliktpotenziale erhöhen.

Vor diesem Hintergrund adressiert das Verbundvorhaben **InnoTeam Intention** die Lücke zwischen rein technischer Zustandserkennung und kontext-/intentionsbasierter Prädiktion. Ziel ist es, Methoden zu entwickeln, die die Intention von Radfahrenden frühzeitig, zuverlässig und situationsangepasst erfassen und den Trajektorienplanern autonomer Fahrzeuge als strukturierte Information bereitstellen – um Sicherheit, Flüssigkeit und Akzeptanz des Mischverkehrs zu steigern.

## Strategien autonomer Fahrzeuge zur Erkennung von Fußgängerinnen und Radfahrerinnen und ihre Schwachstellen

### 1) Bildbasierte Wahrnehmung und Objekterkennung.

Kameras erfassen VRUs und klassifizieren sie mittels Deep Learning Modellen (z. B. für „Person“, „Bicycle“). Stärken sind hohe Detailauflösung und semantische Dichte (Kopfhaltung, Gestik, Blickrichtung). Schwachstellen liegen in Licht-/Wetter Sensitivität, Okklusionen (sichtverdeckende Hindernisse), Perspektiv Artefakten sowie in der begrenzten Verfügbarkeit annotierter Daten für diverse Fahrradtypen und seltene Manöver. Zudem ist die Ableitung von Intention (z. B. Linksabbiegen) aus Bildmustern allein oft spät oder uneindeutig, wenn explizite Hinweise fehlen (Song et al., 2022).

### 2) Radar/LiDAR basierte Umfeldmodelle.

LiDAR und Radar liefern robuste Distanz- und Relativgeschwindigkeitsinformationen unabhängig von Lichtverhältnissen. In Grid- oder Punktwolken Repräsentationen entsteht ein physikalisch belastbares Umfeldmodell, das Bewegungen von VRUs kontinuierlich trackt. Schwächen: geringe semantische Auflösung (Intentionen sind ohne zusätzliche semantische Layer schwer abzuleiten), begrenzte

Punktdichte bei kleineren Objekten (z. B. schmale Fahrradprofile), sowie Schwierigkeiten bei der Differenzierung von Fahrradtypen und Fahrstilvarianten (ETSI, 2021).

### 3) Trajektorien Prädiktion aus Zeitreihen.

Viele Systeme nutzen historische Bewegungsbahnen von VRUs und schätzen zukünftige Pfade (z. B. mit rekurrenten/transformer-basierten Netzen). Das verbessert die Reaktionsplanung des Ego-Fahrzeugs. Die zentrale Schwäche: Ohne explizite Kontextinformationen (Kreuzungsgeometrie, zulässige Fahrspuren, temporäre Verkehrsführung, Baustellen) und ohne Hinweise auf die Intention des/der VRU bleiben Vorhersagen „statistisch“ und verlieren Genauigkeit bei plötzlich geänderten Plänen oder ungewöhnlichen Manövern. Studien zeigen, dass die Berücksichtigung von Kontext entscheidend ist, wird in vielen Ansätzen jedoch nur unzureichend umgesetzt (Song et al., 2022).

### 4) Szenarienbasierte Simulation und Validierung.

Zur Entwicklung und Absicherung der Fahrfunktionen setzen viele Akteure Simulationsumgebungen (z. B. „Welt-Simulationen“) ein, um Umfelderkennung und Trajektorienplanung gegen vielfältige Verkehrssituationen zu testen. Obwohl „Radfahrer“ als Kategorie existiert, sind die Modelle in der Praxis häufig nur eingeschränkt parametrierbar; 3D-Modelle verschiedener Fahrradtypen und verhaltensrealistische Manöverbibliotheken fehlen oder sind stark vereinfacht. Dadurch entstehen Lücken zwischen Simulationsperformance und Realweltverhalten, insbesondere bei Interaktionen in komplexen Konstellationen (enge Seitenräume, Baustellen, spontanes Spurwechseln).

### 5) Nutzerstudien und natürliche Fahrdaten (Fahrzeug- und Fahrradsicht).

Ein wachsender Ansatz ist die Erhebung natürlicher Interaktionsdaten: Video aus Fahrer-/Fahrradperspektive, Sprachkommentare, Navigations- und Beschleunigungsdaten, ergänzt um Lidar/Radar am Messfahrrad. Diese Datensätze erlauben, unsichere Situationen, Abstände und Geschwindigkeiten zu parametrisieren und in KI-Modelle zu überführen. Schwächen bestehen in der Repräsentativität (Sampling Bias), der Heterogenität der Sensorik und der Übertragbarkeit auf bislang ungesehene urbane Kontexte. Zudem bleibt die explizite Intentionserkennung ohne gezielte Signale schwer – die Systeme sind weiterhin auf indirekte, verspätete Indikatoren angewiesen.

### Konsequenz:

Die heutige Pipeline – Wahrnehmung → Tracking → (statistische) Prädiktion → Planung – bildet Verhalten gut nach, antizipiert es aber nur begrenzt. Ohne explizite, frühzeitige Intensionshinweise bleiben Sicherheitsabstände konservativ oder Manöver werden spät eingeleitet. Das gilt besonders für Radfahrende, deren Manöver stark kontextabhängig sind und deren Hinweise (Blickrichtung, Tretverhalten) sub-

til und schwer maschinell zu interpretieren sind. Genau hier setzt das vorgestellte Konzept an.

## Konzept des Projekts – Das Fahrrad erkennt die Intention des Fahrers und teilt sie mit dem Umfeld

### Kernidee:

Das Vorhaben **InnoTeam Intention** entwickelt ein intentionsbasiertes Assistenzsystem, das die wahrscheinliche Verhaltensabsicht eines/einer Radfahrenden direkt **am Fahrrad** ermittelt und den umliegenden (teil) autonomen Fahrzeugen verfügbar macht. Dadurch wird die externe, bildgestützte Schätzung der Intention um eine **interne, fahrzeugseitige** Quelle ergänzt – die Vorhersagequalität steigt, Entscheidungen der Ego Fahrzeuge werden frühzeitiger und sicherer.

### Technischer Ansatz (interne Trajektorienberechnung):

E Bikes und Lastenräder werden mit Sensorik ausgestattet (u. a. Geschwindigkeit, Beschleunigung, Lenkwinkel, Trittfrequenz; optional Radar/Lidar). Aus diesen Signalen werden **Intentionen** wie **Abbiegen, Anhalten** oder **Beschleunigen** prädictiert und als maschinenlesbare Statusinformationen codiert. Diese Informationen können – datenschutzgerecht und kontextsensitiv – über geeignete Schnittstellen (z. B. V2X Mechanismen) an Fahrzeuge in der Umgebung ausgespielt werden. Parallel generiert das System verhaltensrealistische Profile verschiedener Fahrradtypen, um Varianz (z. B. Lastenrad mit hoher Trägheit) in die Prädiktion zu integrieren.

### Externe Einbindung (externe Trajektorienberechnung):

Die Sensorik des autonomen Fahrzeugs (Kamera/LiDAR/Radar) erkennt und verfolgt Fahrräder wie bisher. Zusätzlich verarbeitet der Ego Planer die **intentionsbezogenen Metadaten** aus dem Fahrrad. So entsteht eine **kontext- und intentionsbewusste** Trajektorienplanung, die Abstände, Geschwindigkeiten und Ausweichmanöver proaktiv anpasst (z. B. frühzeitiges Reduzieren der Geschwindigkeit, wenn das Fahrrad Linksabbiegen signalisiert). Die Wirksamkeit wird in einer **innovativen virtuellen Messumgebung** (CAVE) mit realem Fahrrad geprüft: definierte Szenarien (u. a. Baustellen, Fahrbahnverengungen, Mischverkehr) werden systematisch variiert, um technische und menschliche Faktoren (u. a. Latenz, Wohlbefinden) zu evaluieren.

### Methodische Flankierung:

Natürliche Fahrstudien aus Fahrzeug und Fahrradsicht liefern Trainings und Validierungsdaten. Eine Synopse der Ergebnisse identifiziert technische und humanfaktorielle

Parameter und leitet Inputgrößen für die iterative Algorithmenentwicklung ab. Ethische, rechtliche und soziale Aspekte (ELSA) werden über Workshopreihen adressiert. Zielreife im Projekt: Proof of Concept mit Erreichung von TRL 4 und anschließender Überführung in marktnähere Entwicklungen.

## Fazit und Ausblick

Autonome Fahrzeuge benötigen für sichere Entscheidungen mehr als präzise Wahrnehmung: Sie brauchen **frühzeitige, verlässliche Hinweise auf die Intention von VRUs**. Die heute verbreiteten Strategien – bild-/sensorbasierte Erkennung, statistische Prädiktion, simulationsgestützte Validierung – stoßen gerade bei Radfahrenden an Grenzen: Kontext und Absicht bleiben häufig implizit, Signale sind subtil oder kommen zu spät. Das im Projekt verfolgte Konzept schließt diese Lücke, indem das Fahrrad selbst zur Quelle intentionsbezogener Informationen wird und diese standardisiert der Umgebung bereitstellt. So kann die Ego Trajektorienplanung frühzeitig Geschwindigkeit und Spurführung anpassen, Konflikte entschärfen und die Sicherheitsmargen erhöhen – mit positiven Effekten auf Effizienz und Akzeptanz des Mischverkehrs.

Im Ausblick stehen drei Pfade:

- 1. Technische Skalierung** – robuste, energiesparende Sensorikpakete für verschiedene Fahrradklassen; harmonisierte Datenformate und V2X Schnittstellen; Reduktion der Latenzen und Fallback Strategien bei Verbindungsverlust.
- 2. Methodische Vertiefung** – größere, diversere Datensätze aus Realverkehr und VR CAVE; bessere Generalisierung über Städte und Infrastrukturen; Metriken für Sicherheits- und Komfortgewinne (Abstände, Interaktionsgeschwindigkeiten, subjektives Wohlbefinden).
- 3. ELSA Dimension** – Datenschutz und Transparenz (welche Intention wird geteilt, wann, mit wem), Akzeptanz bei Radfahrenden, rechtliche Rahmenbedingungen und Verantwortlichkeiten bei Systemfehlern; Einbettung in kommunale und industrielle Initiativen.

Kurzfristig wird die Wirksamkeit über Probandenstudien und Simulation nachgewiesen; mittelfristig eröffnet die Integration in industrielle Entwicklungsketten und regionale Allianzen (z. B. Automotive Cluster) den Pfad zur Serienanwendung. Langfristig kann ein **Ökosystem intentionsfähiger Mikromobilität** entstehen – vom E Bike über Lastenräder bis zu E Scootern – das die **kooperative** Verkehrsregelung im urbanen Raum neu definiert und die Vision eines sicheren, flüssigen und menschenzentrierten automatisierten Fahrens unterstützt.

# Literaturverzeichnis

## BEITRAG 1:

BOSLER, M., BURR, W., & IHRING, L. (2018). VERNETZTE FAHRZEUGE – EMPIRISCHE ANALYSE DIGITALER GESCHÄFTSMODELLE FÜR CONNECTED-CAR-SERVICES. HMD PRAXIS DER WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 55(2), 329–348. <https://doi.org/10.1365/s40702-018-0396-8>

EUROPÄISCHES PARLAMENT. (2023). VERKAUFSVERBOT FÜR NEUE BENZIN- UND DIESELFahrzeuge AB 2035 – WAS BEDEUTET DAS? <https://www.europarl.europa.eu/>. [https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2022/11/story/20221019STO44572/20221019STO44572\\_de.pdf](https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2022/11/story/20221019STO44572/20221019STO44572_de.pdf)

HILL, J. (2025, APRIL 9). WIE BMW DIE AUTOMOBILPRODUKTION DIGITALISIERT. CIO DE. <https://www.cio.de/article/3954645/wie-bmw-die-automobilproduktion-digitalisiert.html>

LUXEMBOURG, M. B. (2019, FEBRUARY 1). MERCEDES-BENZ CARS TREIBT DIE TRANSFORMATION CASE MIT DEM INTERNATIONALEN LIEFERANTENNETZWERK VORAN. MERCEDES-BENZ CARS TREIBT DIE TRANSFORMATION CASE MIT DEM INTERNATIONALEN LIEFERANTENNETZWERK VORAN. <https://media.mercedes-benz.de/de/mercedes-benz-cars-treibt-die-transformation-case-mit-dem-internationalen-lieferantennetzwerk-voran/>

MCKINSEY & COMPANY. (2023). SHARED MOBILITY: Sustainable cities, shared destinies. <https://www.mckinsey.com/>. Retrieved December 16, 2025, from <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/shared-mobility-sustainable-cities-shared-destinies>

NEXT LEVEL PRODUCTION. (2025). MERCEDES-BENZ GROUP. RETRIEVED DECEMBER 16, 2025, FROM <https://group.mercedes-benz.com/innovationen/digitalisierung/industrie-4-0/next-level-production.html>

PROFF, H. (2024). ZUKUNFT DER AUTOINDUSTRIE. IN THESEN ZUR ENTWICKLUNG DER CASE-TRANSFORMATION IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE [Book]. LEHRSTUHL FÜR ALLGEMEINE BETRIEBSWIRTSCHAFTSLEHRE & INTERNATIONALES AUTOMOBILMANAGEMENT. [https://www.uni-due.de/imperia/md/content/iam/thesen\\_zur\\_entwicklung\\_der\\_case-transformation\\_in\\_der\\_automobilindustrie.pdf](https://www.uni-due.de/imperia/md/content/iam/thesen_zur_entwicklung_der_case-transformation_in_der_automobilindustrie.pdf)

RAASCH, P. (2025, APRIL 15). DAS HABEN MERCEDES & Co BEI IHRER CASE-STRATEGIE ÜBERSEHEN. DER AUTOPRENEUR. <https://www.autopreneur.de/p/case-strategie-mercedes-transformation> Volkswagen Konzern erhöht Investitionen in Zukunftstechnologien auf 73 Milliarden Euro. (n.d.).

VOLKSWAGEN GROUP. <https://www.volkswagen-group.com/de/pressemitteilungen/volkswagen-konzern-erhoeht-investitionen-in-zukunftstechnologien-auf-73-milliarden-euro-17108>

ZINN, W. (2025, MARCH 31). ZUKUNFT DER MOBILITÄT: Autonomes Fahren. deutschland.de. <https://www.deutschland.de/de/topic/wirtschaft/autonomes-fahren-deutschland-autoindustrie-mobilitaet>

## CATI-QUELLEN / WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

DIV. PROJEKTBERICHTE ZUR AUTOMOBILZULIEFERINDUSTRIE IN SACHSEN (2016 UND 2019) UND IN THÜRINGEN (2018 UND 2022) MIT DEN JEWEILIGEN KAPITELN ZU AKTUELLEN TRENDS UND STRATEGIEN IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE (PROF. DR. WERNER OLLE UND DR. DANIEL FLORIN)

DIV. VORTRÄGE Z.B. KONGRESS NEXT DRIVE, GLÄSERNE MANUFAKTUR DRESDEN, MAI 2017 – CMS AUTOMOTIVE EVENT, FRANKFURT NOV. 2017 – WEIMARER WIRTSCHAFTSFORUM, SEPT. 2018 (PROF. DR. WERNER OLLE)

BUNDESVERBAND DER DIGITALEN WIRTSCHAFT (BVDW), ARBEITS- UND DISKUSSIONSPAPIERE DER FOKUSGRUPPE CONNECTED MOBILITY, Z.B. „DATENBASIERTE GESCHÄFTSMODELLE IM CONNECTED CAR“

DEUTSCHE BANK RESEARCH, REIHE „DEUTSCHLAND MONITOR“ – DAS „DIGITALE AUTO“, JUNI 2017 (AUTOR: Eric Heymann)

MCKINSEY & COMPANY, AUTOMOTIVE REVOLUTION – PERSPECTIVE TOWARDS 2030: How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry, 2016, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry/de-DE>

PWC, EASCY – DIE FÜNF DIMENSIONEN DER TRANSFORMATION DER AUTOMOBILINDUSTRIE, 2017

WINKELHAKE, UWE - DIE DIGITALE TRANSFORMATION DER AUTOMOBILINDUSTRIE, 2. AUFLAGE 2021

## BEITRAG 2:

BMW GROUP. (2025). DIE NEUE KLASSE – DESIGN, DAS VORAUSDENKT. <https://www.bmw.com/de/digital-journey/inside-neue-klasse-bmw-neue-klasse.html>

CAPGEMINI RESEARCH INSTITUTE. (2025). THE SOFTWARE-DRIVEN MOBILITY ERA: beyond vehicles. Capgemini. [https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2025/09/CRI\\_Software-in-automotive\\_final\\_050925.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2025/09/CRI_Software-in-automotive_final_050925.pdf)

MERCEDES-BENZ GROUP AG. (2023). LEAD IN CAR SOFTWARE: MB.OS als Basis für die digitale Zukunft. <https://group.mercedes-benz.com>.

STELLANTIS N.V. (2023). STELLANTIS SOFTWARE STRATEGY: Building a Digital Future. <https://www.stellantis.com/en/news/press-releases/software-strategy>

VOLKSWAGEN AG. (2023). VOLKSWAGEN TREIBT SOFTWARE-STRATEGIE MIT CARIAD UND VW.OS VORAN. <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/software-strategie.html>













Der erste Transformationshub, der alle Dimensionen im Wertschöpfungsprozess eines Fahrzeugs adressiert: Produktion, Vertrieb, Nutzung und Recycling. Erfahren Sie mehr zu Handlungsoptionen für digitale Geschäftsmodelle und Services. Werden Sie Teil von DiSerHub. Profitieren Sie von umfassendem Wissen, nutzen Sie Synergien, erhalten Sie effektive Lösungen, beschleunigen Sie Ihre digitale Transformation. [Navigieren Sie Richtung Zukunft.](#)

## 5 Partner. 5 Standorte. 1 Netzwerk.



[diserhub.de](https://diserhub.de)