



AUTONOMES FAHREN

UND DIE DIGITALE TRANSFORMATION
DER AUTOMOBILBRANCHE –
WORAUF KOMMT ES JETZT AN?

01 Einleitung

Mobilität ist ein Mega-Trend, der vor allem aus der fortschreitenden Urbanisierung, dem demografischen Wandel und der Flexibilisierung des beruflichen und privaten Lebens resultiert. Insbesondere in urbanen Regionen und speziell in Mega-Cities nimmt die Mobilität weiter deutlich zu – und das bei begrenzter Verkehrsinfrastruktur, zunehmenden Umweltproblemen (CO², NOx, Geräusch) und gesellschaftlich nicht mehr akzeptierten Unfall- und Opferzahlen.

Die technische Lösung auf die Anforderungen und Probleme der wachsenden Mobilität soll der stufenweise Einsatz von teil- und hochautomatisierten (Level 3 und 4) sowie fahrerlosen vollautonomen Fahrzeugen (Level 5) liefern. Mit Umsetzung dieser Vision ermöglichen sie neuartige Geschäftsmodelle (z. B. Ride-Hailing, Last Mile Delivery) und eröffnen Over-the-Top-Anbietern die Chance, die verfügbare Fahrzeit zur Vermarktung ihrer Angebote (z. B. Entertainment, Shopping, Food) zu nutzen.

Ab ca. 2020/2021 ist in abgegrenzten urbanen Gebieten mit dem kommerziellen Einsatz von fahrerlosen autonomen Fahrzeugen zu rechnen, ca. 2025 auch in weiterräumigeren urbanen Regionen. Dies führt in der automobilen Wertschöpfungskette zu starken Transformationen – betroffen sind vor allem Kunden-Management, Aftersales- und Retail-Prozesse. Beispielsweise fokussieren fahrerlose Mobilitätsservices (MaaS) auf Flotten, die den Fahrzeugbesitz in urbanen Regionen verstärkt obsolet machen. Damit schieben sich neue MaaS-Anbieter im Customer Relation Management zwischen den Endkunden und den Produkt-Anbietern (OEM, Aftermarket). Neben dem Risiko der Disruption ergeben sich für das tradierte Automotive Ökosystem aber auch Chancen mit eigenen Mobilitätsdiensten, im Flotten-Management bzw. Service-Geschäft für Flotten und in der Platzierung von Over-the-Top-Content und -Services.

Aktuell konzentrieren sich die R&D-Projekte vieler OEMs und Tier-1-Supplier auf die Entwicklung und Absicherung von autonomen Fahrzeugen, kombiniert mit der Transformation zu Elektro-Mobilität. Höchste Priorität haben dabei die Integration der neuen Fahrzeug-Technologien sowie die reale und virtuelle Absicherung der Fahrzeuge für den Straßenverkehr.

Inhalt White Paper

01	Einleitung	2
02	Herausforderungen	4
03	Innovationsmanagement	6
04	Automotive Prozesse	8
05	Essenzielle Technologien	12
06	Summary	14

Autonome Fahrzeuge werden im Geschäftsmodell Mobility-as-a-Service bis zu

40%

günstiger sein als ein privates Fahrzeug.

Quelle: KPMG 2019, Mobility 2030: Transforming the mobility landscape

In China besitzen 2030

35%

der Neufahrzeuge eine Level 4 oder 5-Automatisierung.

Quelle: PwC 2018, The 2018 Strategy & Digital Auto Report

Autonome Fahrzeuge werden die Zustellkosten in Städten bis zu

40%

senken.

Quelle: McKinsey 2018, Fast forwarding last-mile delivery – implications for the ecosystem

2030 erzielen Robo-Cabs

40%

des Gewinns der gesamten Automobilindustrie und haben einen Anteil von fast

30%

der weltweit zurückgelegten Kilometer.

Quelle: Roland Berger 2016, Think Act: A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem

Durch Truck-Platooning auf Autobahnen wird bereits ab 2022 die TCO um

15%

reduziert.

Quelle: McKinsey 2018, Route 2030 – The fast track to the future of the commercial vehicle industry

Herausforderungen

Technologien

Die steigende Automatisierung macht im Fahrzeug weitere Sensoren und deren Kombination notwendig. Während für Level-2-Fahrsituationen Kameras, Front Radar- und Ultraschall-Sensoren ausreichen, sind im Level 3 neben weiteren Kamera- und Laser-Systemen der Lidar als Laser-Scanner unumgänglich, um ein 3D-Bild der Umgebung in Echtzeit zu erhalten. Bei Level 4 wird sich die Anzahl der Sensoren für eine komplette Rundumsicht nochmals deutlich erhöhen.

Um die riesige Menge an Sensordaten zu verarbeiten, muss das Fahrzeug mit einem hoch performanten Datenbus-System ausgestattet sein. Die Sensor-Fusion erzeugt schließlich eine aktuelle und genaue Abbildung der Umwelt, erfordert jedoch High-Performance Zentralrechner im Fahrzeug, die einen hohen Energiebedarf haben und darüber hinaus eine aktive Kühlung benötigen. Die aufbereiteten Informationen müssen in der R&D-Phase mehrfach täglich zur Analyse gespeichert werden. Im Serieneinsatz findet ein Online-Austausch der Sensordaten mit einem Fahrer-Assistenz-Backend statt, in das auch Daten von anderen Fahrzeugen und Sensoren der Verkehrsinfrastruktur einfließen. Dies ermöglicht eine High-Definition-Map der Verkehrslage.

Daten

Autonome Fahrzeuge erzeugen enorme Datenmengen – je nach Art und Genauigkeit des Sensors, die aufbereitet mit einem Fahrer-Assistenz-Backend ausgetauscht werden. Neben der Ableitung einer Fahrstrategie dienen die Daten auch zum Lernen neuer oder veränderter Verkehrs- und Fahrsituationen. Dieser Lernprozess wird zum Großteil mit Machine-Learning-Methoden (Artificial Intelligence) umgesetzt und im gesamten Lebenszyklus des autonomen Fahrzeugs stattfinden.

Während in der R&D-Phase Simulationen einen Großteil der Daten erzeugen, liefert die Serienphase hauptsächlich reale Informationen. Dies stellt hohe Anforderungen an die IT-Infrastruktur hinsichtlich ihrer Kapazität und Leistungsfähigkeit. Weitere Herausforderungen in diesem Bereich sind die Sicherheitszertifizierung der Daten-Algorithmen und der Schutz persönlicher Daten.

Automotive Prozesse

Die R&D-Prozesse zur Entwicklung und Absicherung autonomer Fahrzeuge müssen agil stattfinden. Sie sind neben komplexer Sensortechnologie besonders von der wachsenden Bedeutung software-abgebildeter Algorithmen und der gesammelten Daten geprägt. Das Fahrzeug-Backend dient nicht mehr nur für optionale Telematik- und Remote-Funktionen wie heutige Connected Car Backends. Stattdessen muss das autonome Fahrzeug integraler Bestandteil des Backends für Fahrer-Assistenz-Funktionen sein. Herausfordernd ist es dabei, die funktionale Sicherheit zu gewährleisten, Ende-zu-Ende vom Fahrzeug bis zum Backend. Eine weitere Veränderung betrifft die R&D-Arbeitsweise: Die Zusammenarbeit mit IT-Firmen und digitalen Plattformen erfolgt nicht mehr ausschließlich in sequentiellen und statischen Zuliefererketten, sondern in sich permanent ändernden Wertschöpfungsnetzwerken.

Um bei der Fahrzeugproduktion in der Supply Chain die letzte Meile des Transports zu optimieren, werden parallel bereits erste autonome Anwendungsfälle pilotiert. Dabei ist die Integration für Prozess- und Werksinfrastruktur anzugehen.

Mit der Verfügbarkeit von vollautonomen Fahrzeugen (Robo-Taxis) verlagert sich der Veränderungsbedarf zu den Aftersales- und Retail-Prozessen. Mobilitätsservices (MaaS) werden auf Flotten fokussieren und den Fahrzeugbesitz in urbanen Regionen verstärkt obsolet machen. Neben der Disruption des Customer Relation Management entstehen auch neue Business-Chancen wie z.B. Wartung und Services von Robo-Taxi-Flotten und Over-the-Top Geschäftsmodelle zur Produktion von Content und Services, mit denen sich die frei werdende Fahrzeit neu nutzen lässt.

Durch den Übergang vom Produkt- zum Service-Geschäft werden beim Finance-Prozess klassische Steuerungsinstrumente und KPIs den Anforderungen neuer Geschäftsmodelle nicht mehr gerecht. Aus diesem Grund gewinnen Modelle zur gleichzeitigen Steuerung klassischer und digitaler Geschäftsmodelle an Relevanz.

Die Prozesse des Human Resource Management müssen der agilen Arbeitsweise in Projekten und Netzwerken folgen. Die iterative und dynamische Vorgehensweise, Zusammenarbeit mit globalen digitalen Plattform-Anbietern im Fahrzeug, eine mas-

sive Verbreiterung der Lieferantenbasis (inkl. Start-ups) sowie die Organisation in Netzwerken wird sich in veränderten Zusammenarbeits-, Kommunikations- und Führungsprozessen widerspiegeln; bis hin zur Skill-Entwicklung von Mitarbeitern und Führungskräften.

Regularien

Die aktuellen Regelungen zum Einsatz von Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen folgen dem Grundgedanken der Kontrolle durch einen Fahrzeugführer (Wiener Konvention von 1968). Assistenz-Systeme (ADAS) sind zwar zulässig, müssen aber jederzeit vom Fahrer überstimmt oder abgeschaltet werden können. Autonome Fahrzeuge sind bislang nur zu Testzwecken mit Sicherheitsfahrer zugelassen (z.B. Kalifornien, Arizona). Aktuell gibt es diverse Initiativen (meist in den USA), die darauf zielen, die Regularien an den produktiven Einsatz von autonomen Fahrzeugen anzupassen. Dies wird auch Auswirkungen auf Haftungs- und Versicherungsthemen haben.

Ethik

Laut WHO sind Unfälle im Straßenverkehr die Ursache für aktuell fast 1,3 Mio. Todesfälle pro Jahr. Eine verbesserte Verkehrsinfrastruktur und Sicherheitseinrichtungen im Fahrzeug helfen, die Häufigkeit und Schwere von Unfällen zu senken. Dennoch bleibt das menschliche Fehlverhalten mit mehr als 90% die Hauptursache. Autonome Fahrzeuge sollen neben dem Sharing-Business-Modell Mobility-as-a-Service (MaaS) deshalb die gesellschaftlich nicht mehr akzeptierten Unfallzahlen drastisch senken. Der Traum sind null Verkehrstote: Vision Zero.

Spätestens seit dem ersten tödlichen Unfall eines selbstfahrenden Autos des Fahrdienstleisters UBER im Jahr 2018 ist die Diskussion darüber aufgekommen, nach welchen programmierten Regeln autonome Fahrzeuge Unfälle vermeiden sollen. Dieser Diskurs wird nicht nur die Regularien der Gesetzgeber beeinflussen, sondern auch relevant für die Kundenakzeptanz sein.

Kundenakzeptanz

Die Verbreitung und der Erfolg von autonomen Fahrzeugen hängt nicht nur von der Technologie, dem Datenmanagement sowie Geschäftsmodell, sondern maßgeblich von der Akzeptanz der Nutzer ab. Während der stufenweise Einsatz von Level 2 bis 4 den Fahrzeugnutzern die Chance gibt, autonome Funktionen schrittweise und ohne Kontrollverlust zu erleben, sind die vollautonomen Robo-Taxis (Level 5) ein Bruch mit mehr als 130 Jahren automobiler Nutzung.

Jährliche Nutzerumfragen zeigen, dass das Vertrauen in die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen steigt. Aber aktuell stagnieren die Werte: Ca. 50% (China ca. 25%) der Kunden halten autonome Fahrzeuge noch für unsicher. Es ist davon ausgehen, dass deshalb Piloten und Rollout-Projekte unter kritischer Beobachtung stehen und eine mediale Begleitung durch Automobilhersteller und MaaS-Anbieter erfordern.

Innovationsmanagement

Innovationstreiber im autonomen Fahren sind oftmals Start-ups, die sich entweder auf gesamtheitliche Full-Stack-Lösungen (Software und Hardware aus einer Hand) fokussieren und die enorme finanzielle und strategische Ressourcen benötigen oder sich auf andere bestimmte Nischen spezialisieren, um sich am Markt zu behaupten. Diese Schlüsseltechnologien entlang der Wertschöpfungskette wollen Start-ups mit strategischer Ausrichtung hin zum OEM positionieren.

Full-Stack-Start-ups

WAYMO ist mit 250 Mrd. US-Dollar höher bewertet als Ford, GM, Fiat-Chrysler, Honda und Tesla zusammengenommen. Das Google-Spin-Off entwickelt eine Full-Stack-Lösung für autonomes Fahren, bestehend aus Software und Hardware. Es hat sich zum Ziel gesetzt, durch selbstfahrende Fahrzeuge eine neue Art der Mobilität und Verkehrssicherheit zu entwickeln. Nach mehrjähriger Testphase ist mit dem autonomen Taxiservice WAYMO One seit Ende 2018 bereits der erste kommerziellen Beta-Test in einer idealen Großstadt (Phoenix/Arizona) aktiv. Insgesamt schätzen Experten den Technologievorsprung von WAYMO gegenüber den Mitbewerbern derzeit als „meilenweit“ ein.

Während WAYMO aus einem internen Google-Projekt entstand, wurde das Start-up AURORA 2017 von ehemaligen UBER-, Tesla- und Google-Mitarbeitern gegründet, die als Koryphäen der Robocar-Szene gelten. AURORA zielt mit seiner Lösung aus Sensorik, Software und Datenservices auf die Level 4 und 5 des autonomen Fahrens ab. Das Start-up schlug bereits verschiedenen Quellen zufolge mehrere Übernahmeangebote aus, u.a. vom VW-Konzern. Stattdessen sicherte es mit einer 467 Mio. Euro schweren Finanzierungsrunde die strategische Unterstützung von Amazon und Sequoia Capital (Investor von u.a. Yahoo, PayPal, Electronic Arts, YouTube, Apple, WhatsApp, Instagram und Google).

Auf Schlüsseltechnologien fokussierte Start-ups

Das 2016 gegründete chinesische Start-up MOMENTA AI positioniert sich als Tier-2-Softwareanbieter und bezeichnet seine Lösung als das „Gehirn“ des Fahrzeugs. Die Deep-Learning-Software ermöglicht Objekterkennung, semantisches HD-Live-Mapping und datengesteuerte Routenplanung. Im Oktober 2018 sicherte sich das Start-up ein Investment in Höhe von 1 Mrd. US-Dollar, das es zum ersten „Autonomous Unicorn“ Chinas machte.

BRODMANN17 ist ein Deep-Learning-Start-up aus Israel, dass erst im März 2019 11 Mio. US-Dollar in einer von OurCrowd angeführten Series-A-Finanzierungsrunde gesammelt hat. An der Runde waren auch Maniv Mobility, AI Alliance, UL Ventures, Samsung NEXT und der Sony Innovation Fund beteiligt. BRODMANN17 verfügt über eine besondere Expertise in Algorithmen für das Training neuronaler Netze. Das Unternehmen hat auf dieser Basis eine schlanken Computer-Vision Technologie entwickelt, die auch auf kleinen, Low-end-Prozessoren im Auto läuft und Lidars, Kameras und Radarsensorik komplementieren kann. Aktuell integriert das Start-up seine Technologie in die Front- und Rückfahrkameras eines Automobilherstellers, um Objekte bei von Menschen gesteuerten Fahrten besser zu identifizieren.

Fahrzeugdaten spielen für Autonomous Driving und darauf basierenden innovativen Mobility-Services eine Schlüsselrolle. OTONOMO entwickelt dafür einen vernetzten Fahrzeugdatenmarktplatz, der es Automobilherstellern, Mobilitätsdienstleistern und Anwendungsentwicklern ermöglicht, fahrzeuggenerierte Daten sicher auszutauschen und zu integrieren. Damit soll das Fahrerlebnis sicher, intelligent und komfortabel gestaltet werden. Das Start-up hat bereits ein Ökosystem von mehr als 75 Partnern aufgebaut, darunter befinden laut eines Bloomberg-Berichts auch zehn Autohersteller, die Daten bereitstellen, vermarkten oder anderweitig nutzen – auch Daimler gehört dazu, bei dessen Accelerator-Programm „Startup Autobahn“ OTONOMO 2016 teilnahm.

Kooperation zwischen Start-ups und OEM/Tier-1

Strategische Kooperationen mit den besten komplementären Start-ups können es OEMs und Tier-1s ermöglichen, den Vorsprung von WAYMO & Co. einzuholen – vorausgesetzt, sie orchestrieren Partnerschaften effektiv und integrieren die nötigen technologischen Building Blocks zügig in ihre Gesamtlösungen. Führende Start-ups in Schlüsseltechnologien des autonomen Fahrens werden früh von möglichen Partnern umschwärmt, da Zeit, Talente und Technologieexpertise entscheidend sind. An dem gescheiterten VW-Versuch, AURORA zu akquirieren, wird deutlich, dass aufsteigende Autonomous Driving Start-ups genug Selbstbewusstsein, Ressourcen und Expertise haben, um sich die Art der strategischen Kooperation (Investment, Akquise, Co-Development, etc.) und die Partner gezielt nach ihren Bedürfnissen zu wählen. Um aus OEM- und Tier-1-Sicht Allianzen mit den besten Partnern zu sichern, benötigt es daher einen konzernweiten, strategischen Kollaborationsprozess.

4 Automotive Prozesse

Research & Development

Im Gegensatz zu den bisherigen Ansätzen der Softwareentwicklung für Fahrerassistenzsysteme, die zwar in stark begrenzten Szenarien einen Automatisierungsgrad herstellen können, muss für das Erreichen von hochautomatisiertem bzw. autonomem Fahren, eine ganzheitlich andere Herangehensweise gewählt werden. Der Umbruch kommt einem Paradigmenwechsel gleich.

Unabhängig von einer möglichen Aufforderung des Fahrzeugs an den Fahrer, die Steuerfunktionen wieder zu übernehmen (Level 3 und 4), müssen diese Fahrzeuge in unterschiedlichsten, wechselnden und sogar unbekannten Fahrsituationen souverän agieren können, um ein reibungsloses Fahrverhalten zu gewährleisten. Eine solch hohe Anzahl potenzieller Szenarien kann jedoch nicht durch deterministische Algorithmik- und Softwareentwicklung bewerkstelligt werden, da die zu entwickelnde Menge an Algorithmen, Fahrfunktionen und die dazu notwendige Zahl an Software-Entwicklern sowie -Testern gegen unendlich strebt.

Der einzig realistische Ansatz ist daher, möglichst viele real aufgenommene und virtuell generierte Fahrszenarien durch automatische Ansätze zu analysieren und daraus mit nicht-deterministischen Ansätzen eine präzise Trajektorien- und Fahrverhaltensplanung des Fahrzeuges abzuleiten. Da sich der Verkehr und die daraus resultierenden Fahrszenarien stetig ändern, ist es notwendig, einen Closed-Loop-Entwicklungsansatz zu verfolgen, mit dem auf Basis realer Fahrdaten die Verhaltensmodelle des Fahrzeugs kontinuierlich weiterentwickelt bzw. ausgelieferte Modelle mit Updates versorgt werden. Dies erfordert ein radikales Umdenken von klar abgeschlossenen Projekten hin zu zeitlich unbegrenzten Entwicklungsprojekten mit Release- und Integrationsstufen.

Zur Datenerzeugung ist es unabdingbar, die Fahrzeuge mit einer dafür geeigneten Sensorik auszustatten. Für ein sicheres Manövrieren muss sie in allen denkbaren Szenarien Daten liefern können, um die unmittelbare Fahrzeugumgebung mit einem hohen Detailgrad zu erfassen.

Die dadurch anfallende Datenmenge ist extrem groß (viele Petabyte bis Exabyte) und kann nur durch geeignete IT-Landschaften gespeichert und prozessiert werden (siehe Daten-Management). Oftmals stehen den Herstellern heute aber solche IT-Infrastrukturen nicht oder in nicht ausreichender Ausbaustufe zur Verfügung.

Die Daten dienen als Grundlage für das Erlernen der Fahrverhaltensmodelle, die durch einen geeigneten Machine Learning-Ansatz (z. B. Deep Learning) trainiert werden. Nur durch das hohe Datenvolumen können zuverlässige und stabile Modelle erlernt werden, die sowohl Sicherheit als auch ein angenehmes Fahrerlebnis garantieren. Um diesen Paradigmenwechsel möglichst reibungslos und schnell vollziehen zu können, ist es zudem notwendig, Data Scientist- und Machine Learning-Experten einzustellen.

Supply Chain

Autonome Transport-Fahrzeuge ermöglichen eine Optimierung in der Supply Chain. Neben dem Einsatz von autonomen Trucks bei der JIT/JIS-Anlieferung (just in time / just in sequence) wird der automatisierte Transport im innerbetrieblichen Bereich im Fokus stehen. Ein frühes Anwendungsszenario ist dabei die letzte Meile auf dem Werksgelände.

Fahrer gelten in der Supply Chain als ein wesentlicher Kostenfaktor, damit verbunden sind vielfältige Vorgaben für Fahr- und Ruhezeiten. Darüber hinaus bleibt in großen Industrienationen die Nachfrage nach qualifizierten Lkw-Fahrern weiterhin sehr hoch und führt dementsprechend zu Engpässen. Genau an diesem Punkt könnten Konzepte für (teil-)automatisierte Lkw-Transporte ansetzen.

Bei herkömmlichen Anlieferkonzepten muss der Lkw am Empfang des Werkes warten, bis der Einlass genehmigt wird, um dann die „letzte Meile“ zum passenden Entladetor bzw. zur Rampe zurückzulegen. Dort muss der Lkw mit dem Fahrer erneut warten, bis die Ent- bzw. Beladung durchgeführt wurde. Nun fährt der Lkw wenige Kilometer im werksinternen Bereich wieder zurück zum Ausfahrtpunkt des Werksgeländes. Genau für diesen zeitlich aufwendigen Prozess auf einer sehr geringen Wegstrecke bietet sich der Ansatz des automatisierten Trailer-Transports mit Wechselbrücken an. Die Lkw parken ihren Anhänger am Empfang auf einem speziellen Übergabeparkplatz und nehmen einen befüllten oder schon entleerten Trailer von diesem Parkplatz mit. Die Umschlagszeit benötigt nur wenige Minuten und die knappe Ressource Lkw-Fahrer wird mit viel höherer Zielsetzung auf einem besonders schwierig zu automatisierenden Fahrbereich genutzt: öffentliche Straßen und insbesondere Autobahnen.

Der innerbetriebliche Transport mit meist sehr geringer Geschwindigkeit erfolgt hingegen voll autonom. Unterschiedliche For-

schungsprojekte analysieren aktuell die technischen Einsatzmöglichkeiten für den Einsatz von autonomen Lkw auf dem Werksgelände: SCHENKER erprobt das Konzept in Schweden mit dem T-Pod vom Hardware-Partner EINRIDE, wobei vor Kurzem sogar eine Genehmigung von der schwedischen Regierung für die Fahrt auf einigen öffentlichen Straßen eingeholt werden konnte. Die Firma GÖTTING etablierte in einem Berliner Produktionswerk schon seit mehreren Jahren zwei autonom fahrenden 40-Tonner, um zwei Werkshallen zu verbinden. Die BASF hat auf ihrem Werksgelände in Ludwigshafen seit der Eröffnung eines neuen Tankcontainerlagers im Jahr 2018 einen Serienbetrieb für den automatisierten Transport der Tankcontainer eingeführt. Im Verbundprojekt AutoTruck des Fraunhofer IVI aus Dresden wird aktuell mit Partnern der Umbau eines elektrischen Lkw zum automatisierten Fahren auf dem Werksgelände durchgeführt.

Es wird deutlich, dass in diesem Umfeld aktuell einige Marktteilnehmer unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten erproben und teilweise produktiv nutzen. Die Anzahl der produktiven Anwendungen wird sich unserer Meinung nach in den nächsten 6-12 Monaten weiter erhöhen.

Bei der Automatisierung der Outbound-Prozesse sehen wir aktuell besonders im Automobilbereich massive Anstrengungen, die sich in zwei unterschiedliche Streams aufteilen lassen: Eine Gruppe von Unternehmen versucht, das fertige Fahrzeug entweder durch die vorhandene Onboard-Elektronik inklusive der Sensoren selbstständig innerhalb des Werks auf einen Parkplatz fahren zu lassen oder durch anbringbare Zusatzmodule an die Fahrzeugsteuerung die Fahrt zum nächsten Parkplatz im Werk zu automatisieren und dort das Zusatzmodul wieder zu entnehmen.

Zur zweiten Gruppe gehören Projekte wie beispielsweise der Parkroboter Ray von Serva TS oder der Parkroboter von Stanley Robotics, der aktuell eine Pilotphase am Flughafen in Lyon durchläuft. Bei diesen Systemen wird das fertige Fahrzeug vom Parkroboter (einer Art FTF) angehoben und auf dem passenden Parkplatz abgesetzt. Als Sensoren und Elektronik für die automatisierte Fahrt werden die Systeme des FTF genutzt, weshalb kein Eingriff in die Fahrzeugsysteme des Automobils notwendig ist.

Future Retail

Autonome Fahrzeuge werden Handels- und Serviceunternehmen zu einer massiven Transformation zwingen. Der stetig steigende Innovationsdruck zieht teilweise disruptive Veränderungen nach sich, der gleichzeitig auch Chancen für ein nachhaltiges Wachstum bietet.

Auszugehen ist dabei von einer Spezialisierung der Retail-Betriebe. Neben klassischen Unternehmen mit Fahrzeugbesitzern (Level 3 und 4) als Zielgruppe und spezifischem Target-Marketings werden neue und hochautomatisierte Betriebe auf Level 5-Fahrzeuge in MaaS-Geschäftsmodellen fokussieren. Daraus ergeben sich zudem neue Rollen innerhalb der optimierten Verkaufs- und Werkstatt-Abläufe (z.B. technische Spezialisierung, Autonom-Experten, usw.). Die Nutzungsphase nach dem Erst-Kauf von autonomen Besitz-Fahrzeugen wird in der Wertschöpfungskette insgesamt eine hohe Bedeutung erlangen. In-Car-Business (ähnlich

dem heutigen In-App Kauf) nimmt durch die gewonnene Fahrzeit als Freizeit deutlich zu. Hier kann sich der Handelsbetrieb oder die Online-Plattform, die sich zunehmend im digitalen Direktverkauf etablieren werden, bereits frühzeitig differenzieren – z.B. durch Abo-Modelle oder eigene Händler-spezifische Plattformen.

Privat genutzte Level 3- und 4-Fahrzeuge werden dem klassischen Retail Optimierungschancen eröffnen, insbesondere im Aftersales. So können sich diese Fahrzeuge innerhalb des Retail-Betriebes autonom bewegen, vergleichbar mit bereits im Markt befindlichen app-basierten Park-Piloten. Start-ups zeigen aktuell bereits erste Möglichkeiten zum autonomen Bewegen von Fahrzeugen in der Werkstatt – vom Parkplatz bis zur Hebebühne. Diese Lösungen könnten sogar als temporäre Nachrüstung für Bestandsfahrzeuge (Level 2) auf den Markt kommen.

Der Einsatz von Robo-Taxis (Level 5) und das dazu nötige Kunden-Management wird über MaaS-Anbieter auf globalen digitalen Plattformen gesteuert. Der Wartungs-Service für Robo-Taxis wird – vergleichbar zu heutigen Flottenanbietern – in der Fläche mit lokalen Service-Betrieben erfolgen. Dies unterstützt die MaaS-Provider speziell in der Rolloutphase, um schnell Reichweite zu bekommen und hilft langfristig bei der Fokussierung auf das Kern-Business der digitalen Mobilitäts-Plattformen.

Getrieben durch die im Vergleich zu privat genutzten Pkw viel höhere Auslastung, müssen Robo-Taxi hauptsächlich zu mobilitätsarmen Zeiten gewartet werden – außerhalb der Rush-Hours und nachts. Dies wird die Servicebetriebe zur einer Automatisierung der Werkstätten zwingen; verbunden mit einer räumlichen Verlagerung – Robo-Taxis benötigen keine verkehrsgünstig gelegenen Werkstätten mit eigener Kundenbetreuung, sondern vereinbaren, via M2M automatisierten Services und können selbstständig Orte in urbanen Randregionen anfahren.

Ein weiteres Anwendungsszenario im Retail sind Support-Tätigkeiten für MaaS-Flotten wie z.B. das Reinigen und ggf. Aufbereiten von Flottenfahrzeugen, lokale Roadside Assistance bis hin zum Tele Operation. Falls sich ein Robo-Taxi in einer nicht gelernten Verkehrslage befindet – z.B. das Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer durch Parken in zweiter Reihe bei durchgezogener Mittellinie oder das Blockieren einer Einbahnstraße – oder ein Breakdown-Fall eintritt, muss ein Tele Operator eingreifen. Dieser hat Zugriff auf die Fahrzeug-Sensorik und steuert remote das Fahrzeug eigenverantwortlich in eine definierte autonome Fahrsituation.

Next Finance

Das Produkt bildete über viele Jahrzehnte das Zentrum der automobilen Wertschöpfungskette. In den kommenden Jahren wird es sukzessive durch Mobilitätsdienstleistungen und agile Services ergänzt und perspektivisch sogar abgelöst. Mit diesem Trend geht eine nie da gewesene Dynamik einher, die OEMs und Zulieferer vor große Herausforderungen stellt. Zudem werden unweigerlich neue oder verschärfte regulatorische Auflagen diktiert, deren konforme Umsetzung zwingend erforderlich ist.



Dem CFO kommt daher in seiner zunehmend exponierten Rolle als Business Partner und wertorientierter Treiber des digitalen Wandels eine Schlüsselrolle bei der Gestaltung der Zukunft des Unternehmens zu. Das Tätigkeitsfeld des CFO erstreckt sich insbesondere auf den Aufbau und die Steuerung neuer Mobilitätskonzepte. Er muss den Spagat meistern, das bestehende Portfolio effizient zu steuern und den Aufbau innovativer Mobilitätslösungen in adäquater Form zu forcieren. Zentrale fachliche Anforderungen sind Agilität, Entscheidungsorientierung, Weitblick, Kosteneffizienz und auch das Einhalten gesetzlicher sowie regulatorischer Anforderungen. Für Aufbau und Einführung disruptiver digitaler Konzepte investieren Unternehmen in der Regel zwei- bis dreistellige Millionenbeträge pro Jahr. CFOs bemängeln zunehmend sowohl die Transparenz des zu erwartenden Wertbeitrags als auch die Vergleichbarkeit einzelner Maßnahmen. Für den Finanzbereich hat dies bereits heute zur Folge, dass der zukünftige Wertbeitrag von Ideen und entstehenden Mobilitätskonzepten kontinuierlich reflektiert werden muss. Neue Mobilitätskonzepte als Synonym für die Produkte und Services der Zukunft bringen auch Herausforderungen im Rahmen der Steuerung mit sich. Klassische Steuerungsinstrumente und KPIs werden den Anforderungen neuer Geschäftsmodelle nicht mehr gerecht und bilden den „wahren Wert“ von digitalen Initiativen nicht adäquat ab. Ein Modell zur gleichzeitigen Steuerung von klassischen und digitalen Geschäftsmodellen wird sowohl für OEMs als auch global agierende Zulieferer in den nächsten Jahren an Relevanz gewinnen. Zudem ist der Aufbau von Kompetenz in puncto Risiko-Management und Compliance erforderlich, um gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen vorausschauend entsprechen zu können und nicht regelmäßig mit massivem Kurzaufwand reagieren zu müssen.

Eine auf ein Zielbild ausgerichtete, Einzelmaßnahmenübergreifende Roadmap kann als zentraler Ansatz dienen, um Transparenz in die Vielzahl laufender Initiativen zu bringen, Opportunities abzuwägen und Lücken zum Zielbild zu schließen. Industriespezifische Benchmarks können insbesondere beim Aufbau ganzheitlicher Digitalisierungsprogramme sowie deren fortlaufender Erneuerung herangezogen werden. Um nicht Gefahr zu laufen, das Potential digitaler Investments zu verkennen und diese bereits vor Ihrer Marktreife auf Basis klassischer Kennzahlen aus dem Portfolio zu streichen, ist der Aufbau eines visionären Steuerungskonzeptes erforderlich. Auf dieser Basis können klassische und digitale Geschäftsmodelle Hand in Hand gesteuert werden.

Organisation & Führung

Die Entwicklung autonomer Fahrzeuge wird neben weiteren komplexen Technologien wie Sensoren und Software, und der massiv wachsenden Bedeutung von Daten auch eine veränderte Arbeitsweise von internen Teams und mit Zulieferer-Netzwerken erfordern. Teamwork-, Kommunikations- und Führungs-Prozesse müssen sich wandeln – hin zu agiler Projektarbeit, der iterativen Integration der virtuellen Absicherung mit physischen Tests, der Zusammenarbeit mit globalen digitalen Plattform-Anbietern direkt im Fahrzeug, einer massiver verbreiterten Lieferantenbasis (inkl. Start-ups) und der Organisation in Netzwerken. Dies wird sich stark auf die kurzfristige Skill-Entwicklung bzw. -Auswahl von Mitarbeitern und Führungskräften auswirken.

In einer vielseitigeren Arbeitswelt müssen neue Führungskräfte in der Lage sein, auch in instabilen Strukturen Ordnung herzustellen, Hindernisse der Leistungserbringung zu beseitigen, Motivation und Produktivität der Mitarbeiter zu sichern, implizites Organisationswissen zu erschließen und weiterzuentwickeln. Die Gestaltung des Zusammenspiels und die Orchestrierung von Vielfalt werden zu einer zentralen Führungskompetenz. Es gilt, als Alternative zur klassischen Führungskarriere für Wenige, attraktive Projekt- und Fachkarriereoptionen für Viele zu schaffen.

Der Wandel der OEMs vom Produkt-Anbieter (Mobilitäts-Enabler) zum Service-Anbieter (Mobilitäts-Anbieter) erfordert eine weitere Veränderung beim Personal sowie bei der Kultur und in der Organisation (z. B. Projekt- statt Aufbau-Organisation, Product-Owner statt Taylorismus). Die Arbeit der Zukunft wird von allen häufiger Veränderung verlangen. Die Bereitschaft und Fähigkeit zur Veränderung – von Strukturen, Prozessen, Kompetenzen – machen Unternehmen und Individuen resilient in einer sich schnell und immer häufiger unvorhersehbar verändernden Welt. Ohnehin muss die Frage nach Fähigkeit und Befähigung von Organisation und Mitarbeiter ein zentraler Bestandteil digitalisierter Organisationen werden. Während zum Beispiel Innovationsentwicklung institutionell häufig in die R&D-Abteilung „outsourced“ wird, beweist der Erfolg von Crowdfunding- und Open-Source-Plattformen, dass Innovationen am besten gedeihen, wenn sie aus der Mitte der Gesellschaft bzw. aus den „Nicht-Teppich“-Etagen der Organisation heranreifen. Während die heimische Garage in den USA als Hort von Erfindergeist und Start-up-Kultur anerkannt ist, wird sie in Deutschland nach wie vor noch weitaus zweckmäßiger genutzt. Eine strategische Standortbestimmung der Innovationsfähigkeit von Organisation und Mitarbeitern ist in einem solchen Umfeld mehr als notwendig. Capability-orientierte Organisationsentwicklung kann der Schlüssel sein, um die Innovationsfähigkeit, aber auch die Lernfähigkeit einer Organisation sichtbar zu machen.



Essenzielle Technologien

Daten Management

Damit ein Fahrzeug in allen denkbaren Verkehrssituationen autark und souverän agieren kann, ist eine ausreichend vollständige Datenlage als Rückgrat der Fahrverhaltensmodelle nötig. Diese Daten rekrutieren sich aus der Sensorik der Umfelderkennung (Perceptive: z.B. Kamera, Radar, Lidar) als auch dem Fahrzeug (Fahrwerk: z.B. Geschwindigkeit, Bremsmomente). Die Aufzeichnung dieser Daten führt zu enormen Datenmengen, in der Größenordnung einiger hundert PetaByte bis hin in den ExaByte-Bereich.

Um Zeitverluste in der Entwicklung zu vermeiden, müssen diese Daten zeitnah in die IT-Daten-Landschaft übertragen werden. Hierzu sind Leitungen in die Datenbanksysteme mit einer hohen Datentransferrate erforderlich. Mit Blick in die Zukunft ist auch der Ausbau von drahtlosen Netzwerken mit hoher Datentransferaten indiziert.

Um die Speicherung und Prozessierbarkeit dieser Daten zu gewährleisten, ist eine Infrastruktur im Bereich einiger hundert PetaByte notwendig. Diese sollte so gestaltet sein, dass eine distributierbare Speicherung zulässig ist: Zum einen gewährleistet es, dass große Datenpakete verteilt abgelegt werden können, zum anderen bleibt somit die Skalierbarkeit der gesamten Infrastruktur erhalten. Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass dieses System hoch performant ist, damit eine parallele Verarbeitung der Daten mit hoher Geschwindigkeit möglich ist. In Anbetracht der stetig wachsenden Zahl der Messdaten sollte darüber hinaus Wert auf eine Skalierbarkeit der Infrastruktur, als auch der Computing-Plattform gelegt werden.

Zuletzt muss die Data Governance gewährleistet sein: Das heißt die Daten müssen sowohl beständig, als auch in hoher Geschwindigkeit allzeit verfügbar sein, ohne dass die Sicherheit der Daten gefährdet ist.

Machine Learning

Um eine soziale Akzeptanz zu erreichen, werden an das Fahrverhalten eines autonomen Fahrzeugs extrem hohe Erwartungen gelegt. Die schließt eine sichere Führung des Fahrzeugs (für sich und andere Verkehrsteilnehmer) in allen denkbaren Szenarien des Verkehrs mit ein: Hierzu zählen insbesondere unübersichtliche Verkehrssituationen wie Baustellen oder dichter Stadtverkehr, als

auch herausfordernde Wettersituationen. Darüber hinaus schließt die soziale Akzeptanz auch ein angenehmes Fahrerlebnis mit ein – unnötiges abruptes Beschleunigen ist ebenso auszuschließen wie abruptes Abbremsen.

Die Entwicklung eines solch allumfassend souverän agierenden Fahrverhaltens lässt sich nur durch Methoden des Machine Learnings effizient realisieren. Ein guter Ansatz hierfür ist das Trainieren von sogenannten neuronalen Netzen, beispielsweise dem Deep Neural Network. Hierbei leitet das neuronale Netzwerk auf Basis der oben beschriebenen Fahrdaten ein Fahrmodell ab (es wird „trainiert“) – anhand jedes neuen Datensatzes verfeinert sich dieses Modell.

Die Funktionsweise eines Deep Neural Networks lässt sich knapp wie folgt beschreiben: Damit diese Modelle im Sinne des Anwenders, Sicherheit und Fahrgefühl stabil konvergieren, muss dem Netzwerk ein Konzept von „richtig“ und „falsch“ beigebracht werden – hierzu werden sie nicht nur zusätzlich mit Verkehrsregeln gefüttert, sondern auch mit einer Fahrweise trainiert, die einem Fahrgast als angenehm erscheint, wie oben beschrieben. Das neuronale Netz wird so aufgestellt, dass es bestrebt ist, niemals ein „falsch“ als Feedback zu erhalten (z.B. bei Missachtung von Verkehrsregeln, unsicherem oder unangenehmen Fahrverhalten). Jedes Mal, wenn das Netzwerk ein „richtig“ erhält, wird dieses Verhalten nachhaltiger in den Fahrmodellen etabliert, ein „falsch“ führt zu dessen Vermeidung.

Damit bei diesem Training keine unerwünschten Fahrweisen erlernt werden, oder durch das Sensor-Setup oder -Ausfall Inkonsistenzen in der Umfelderkennung entstehen, müssen die Sensordaten vor dem Modelltraining konsolidiert und auf ihre Integrität hin überprüft werden. Bereits hier kann auch eine Objekterkennung und -extraktion auf Sensordatenbasis (Datenfusionierung) vollzogen werden, sodass dem Neuronalen Netz keine Rohdaten mehr übergeben werden müssen. Dies hat den Vorteil, dass eine gewisse Robustheit gegenüber dem Sensor-Setup gewährleistet wird, da das Neuronale Netz eine Konformität an seinen Eingangsschnittstellen erwartet, die über den Zwischenschritt der Datenfusionierung gewährleistet werden kann.

Ferner können die trainierten Fahrmodelle abschließend auf ihre Performance hin überprüft werden. Zum einen lässt sich dies beispielsweise komplett in der virtuellen Welt realisieren („Digitaler Zwilling“). Andererseits bietet sich eine Integration in ein Test-

fahrzeug an, bei dem die Differenz zwischen der Performance, die das Fahrmodell im Vergleich zu einem echten vorhandenen Fahrer gewählt hätte, ermittelt wird („Shadow Mode“). Auch ist denkbar, dass das Fahrmodell selbst steuert – unter der strengen Beobachtung eines anwesenden Beobachters (bzw. Rückfallebene als Fahrer), der das Fahrmodell bei entsprechend schlechtem Verhalten abbricht und übernimmt.

Die Rücküberführung der Ergebnisse dieser Performance-Analyse schließt einen durchgehend kontinuierlicher Closed-Feedback-Loop Entwicklungsansatz. Zusammen mit einer ausreichenden Datenlage ist dieser zum Trainieren z.B. eines Deep Neural Networks unerlässlich.

End2End Security

Das hochautomatisierte Fahren erweitert nicht nur die Möglichkeiten des Fahrzeuges durch den Einsatz vieler Hardware- und Softwarekomponenten. Es wird leider zu einem erhöhten Risiko von Cyber-Angriffen führen. Der komplexe Bordnetz-Aufbau ist bereits eine Herausforderung für eine durchgängige Sicherheitsarchitektur – mit der erweiterten Sensorik und der erhöhten Kommunikation von Daten ist die mögliche Angriffsvielfalt ungleich höher.

Für hochautonome Fahrzeuge können die Angriffsvektoren in vier Bereiche untergliedert werden:

- Fahrzeugsensorik
- Bordnetz
- Telekommunikationseinheit
- Backend

Jedes dieser Teile ist für die Sicherheit eines autonomen Fahrzeuges mitverantwortlich. Demnach würde ein Angriff auf einzelne Vektoren die gesamte Fahrzeugsicherheit in Frage stellen. Die Risiken werden im Folgenden beschrieben:

Fahrzeugsensorik

Die über die Sensoren aufgenommenen Daten sind entscheidend für die Umwelterkennung eines Fahrzeugs – Kameras, Lidar, Radar und Ultraschall werden physikalisch in die Fahrzeuge eingebaut und sind teilweise von außen leicht zugänglich. Ein Angriff auf die

Sensorik könnte die aufgenommenen Daten verfälschen und das Fahrzeug bewusst zu einer falschen Handlung bewegen. Fehlende Authentifizierungen der Sensorkomponenten würden einen Man-In-The-Middle-Angriff ermöglichen und ebenso falsche Daten in die Bordnetze einbringen. Angriffe sind schwer nachzuweisen, da die gefälschten Daten legitim in die Entscheidung eingebunden werden und das Fahrzeug korrekt reagiert. Wird dem Sensor eine Wand vorgegaukelt, so wird die Algorithmen bremsen. Damit ist der Prozess in sich völlig intakt – nur mit dem Fehler, dass es keine Wand gibt.

Bordnetz

Die Kommunikation im Bordnetz ist sehr umfangreich. Durch die hohe Anzahl von erzeugten Daten können die Systeme schnell mit Denial-of-Service-Attacken in einen undefinierten Zustand gebracht werden. Das Bordnetz könnte man z.B. durch OBD-Schnittstellen, aber auch über das Infotainment sowie USB-Schnittstellen angreifen. Neben unstrukturierten Denial of Service-Angriffen ließen sich auch bewusst falsche Daten in die Bordnetze (z. B. CAN Broadcast) einspielen.

Telekommunikationseinheit (TCU)

Die Telekommunikationseinheit (TCU) ist eine der sensiblen Schnittstellen. In der komplexen Welt von SIM / eSIM / WiFi / Bluetooth etc. liegen erhebliche Risiken in standardisierten Bauteilen. Hersteller von komplexen Modemfunktionalitäten sind von außen ohne physikalischen Zugang erreichbar. Hat der Modemchip eines Zulieferers eine bekannte Sicherheitslücke und ist dieses Modem in einem Fahrzeug verbaut, könnte diese Lücke dort ebenso ausgenutzt werden. Bei diesen Komponenten ist die „Alterung“ der Hardware eine große Herausforderung. Während bei Smartphones solche Komponenten relativ schnell erneuert werden und die Produkte eine kurze Lebenszeit haben, kann es in den Fahrzeugen vorkommen, dass 15 Jahre alte Modemchips nicht mehr mit Security-Updates versorgt werden.

Backend

Durch die permanente Kommunikation zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Backends, besteht die Möglichkeit, dass die Server oder Komponenten außerhalb von den Fahrzeugen angegriffen werden, um Malicious Code über die gesicherten Kanäle direkt in das Fahrzeug einspeisen.

Weitere Optionen

Neben den oben genannten Risiken können auch Angriffe außerhalb der Fahrzeugtechnik erfolgen. Ein hochautonomes Fahrzeug ist in den Aktionen berechenbar. Dadurch, dass das Fahrverhalten ein Ergebnis von Algorithmen ist, kann vorausberechnet werden, wie ein Fahrzeug in bestimmten Situationen reagiert. Über Climb-the-Hill-Attacks ließe sich die Umwelt so weit manipulieren, dass der Algorithmus das gewünschte Ergebnis errechnet und das Fahrzeug bewusst eine falsche Aktion ausführt. Natürlich können die Maßnahmen auch simpel ausfallen, z. B. indem Verkehrszeichen manipuliert, Fahrbahnmarkierungen geändert, GPS-Signale vorgetäuscht werden. Hier gilt es, redundante und unabhängige Daten auszuwerten, um valide Umweltinformationen zu überprüfen.

Security wird ein entscheidender Faktor bei der Klassifizierung funktionaler Sicherheit hochautonomer Fahrzeuge. Security by Design wird demnach zum entscheidenden Wettbewerbsvorteil. Dabei geht es nicht nur darum, die geeigneten Technologien von vertrauenswürdigen Zulieferern auszuwählen, sondern auch die Prozesse Ende-zu-Ende anzupassen und die damit verbundenen Menschen auszubilden und zu sensibilisieren. Dazu sind IT- und Elektronik-Technologie-Wissen und Prozess-Verständnis der Automobilindustrie nötig, kombiniert mit den Erfahrungen aus der sicheren Produktentwicklung und der Anwendung der technischen Themen für das Automobil.

Ansprechpartner

Sprechen Sie uns an wenn Sie mehr über unseren Ansatz zum Autonomen Fahren wissen wollen

Dr. Markus Junginger | Partner
Tel.: +49 151 20 30 23 93
eMail: markus.junginger@mhp.com

Dr. Jörg Saße | Associated Partner
Phone: +49 151 40 66 72 44
eMail: joerg.sasse@mhp.com



Summary

Das autonome Fahren verändert die komplette Automotive-Prozesskette. Im R&D-Bereich ist dies bereits mit der Entwicklung und Absicherung von hoch und voll autonomen Fahrzeugen in bereichsübergreifenden Projekthäusern und in Kooperationen zu erleben. Parallel finden mit Piloten zur Optimierung der „Last Mile“-Transporte im Produktionsbereich und bei der Automatisierung von Werkstätten die ersten Validierungen für Supply Chain- und Retail-Prozesse statt. Die Transformation des Geschäftsmodells vom Mobilitäts-Produkt zum Mobilitäts-Service wirkt sich ebenfalls massiv auf die Sekundär-Prozesse Finance und Human Resource Management aus, die mit neuen Steuerungsinstrumenten und Agilität Antworten auf Veränderungen finden müssen.

Durch den Einsatz von MaaS-Geschäftsmodellen mit voll autonomen Fahrzeugen ab ca. 2020/2021 in USA und China wird der Transformationsdruck auf das Automotive Ökosystem mit seinen tradierten Wertschöpfungsprozessen nochmal deutlich zunehmen. Die Vorbereitung und das Management dieser disruptiven Unternehmensveränderungen hinsichtlich der Märkte, Wertschöpfungskette, Steuerungsinstrumente und Organisation muss dabei bereits heute erfolgen.

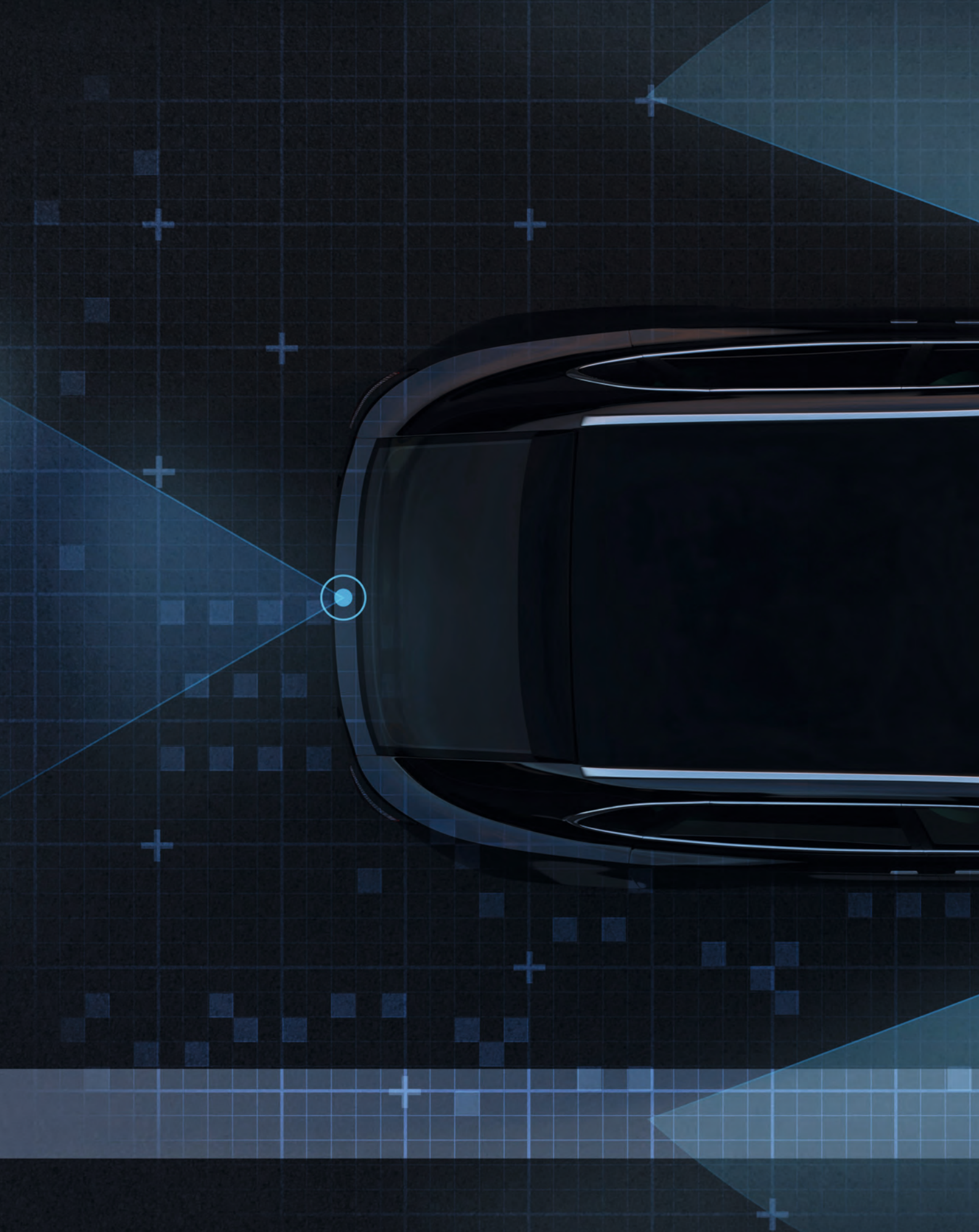
Über MHP

MHP ist eine weltweit agierende und führende Management- und IT-Beratung. Wir entwickeln wegweisende Mobility- und Manufacturing-Lösungen für internationale Konzerne, gestandene Mittelständler und disruptive Start-ups. Als Premium-Business- und Technologiepartner gestalten wir bereits heute die digitale Zukunft von morgen.

Unser Beratungsansatz ist einzigartig: Wir verbinden ganzheitliche IT- und Technology-Expertise mit tiefgreifendem Management-Know-how. Damit ist MHP der ideale Partner für einen erfolgreichen Digital-Turn. Als Digitalisierungsexperte liefern wir auf Basis von fundierten Analysen innovative Strategien, um Veränderungsprozesse in nachhaltigen Erfolg zu verwandeln.

Mit über 2.500 Mitarbeitern treiben wir weltweit an 13 Standorten den digitalen Fortschritt voran – gemeinsam mit über 300 Kunden. Und das mit Excellence auf allen Ebenen.





www.mhp.com

MHP: DRIVEN BY EXCELLENCE