



# Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

Studie des Chemnitz Automotive Institute (CATI) im Rahmen  
des Weiterbildungsverbundes FastForward Automotive & IT

August 2023





# Einführung

Der nachstehende Text ist Teil einer Studie, die im Rahmen des Projektes **Fast Forward – Weiterbildungsverbund Automotive & IT** erstellt wurde. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Rahmen des Bundesprogramms „Aufbau von Weiterbildungsverbänden“ gefördert. Die Studie wurde von Arbeit und Leben Thüringen beauftragt und im Zeitraum von August 2022 bis Mai 2023 erstellt.

Die Gesamtstudie gliedert sich in zwei Teile. Grundlage der Studie ist zunächst eine vorgelagerte Analyse der Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie, die durch das Chemnitz Automotive Institute (CATI), Geschäftsbereich und Marke der TUCed An-Institut für Transfer und Weiterbildung GmbH an der

Technischen Universität Chemnitz, erarbeitet wurde. Darauf aufbauend wurden im zweiten Teil Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Automobilzulieferindustrie in Thüringen identifiziert, um daraus anforderungsgerechte Grundlagen für eine zukunftsorientierte Kompetenzentwicklung zu gewinnen. Dieser zweite Teil der Studie wurde in Zusammenarbeit mit einem lokalen Partner durchgeführt, dem Netzwerk automotive thüringen (at).

Der nachstehende Text entspricht ausschließlich dem ersten Teil der Studie „Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie“.

Chemnitz Automotive Institute (CATI)

Autoren:

Prof. Dr. Werner Olle, Dr. Daniel Plorin und Martin Schuler

# Inhalt

Zielsetzung der Studie	5
Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie	
1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung	6
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie	7
3. Digitalisierungstrends im Produkt	8
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess	11
Summary	19
Quellen- und Literaturangaben	21
Impressum	22

# Zielsetzung der Studie

Der automobiler Strukturwandel beinhaltet bekanntermaßen intensive **Veränderungen der Produkte und der Fertigungsprozesse** in der Automobil- und Zulieferindustrie, in deren Zentrum vorrangig neue Antriebe (Elektromobilität), neue Werkstoffe (Nachhaltigkeit, Leichtbau, Funktionsintegration), die Vernetzung und die Automatisierung von Fahrfunktionen (assistiertes/autonomes Fahren) sowie neue Mobilitätsangebote (Shared Mobility) stehen. Einer der deutschen Automobilhersteller (Mercedes Benz) hat diesen Strukturwandel und die damit verbundene strategische Neupositionierung zutreffend auf das griffige Kürzel **CASE** gebracht (connected – autonomous – shared & services – electric) <sup>(1)</sup>.

Hinzu kommt wie auch in anderen Branchen und Sektoren als **übergeordneter Megatrend die Digitalisierung**, die in der Automobilindustrie integraler Bestandteil dieses Strukturwandels ist.

Auf der Produktseite werden zahlreiche neue Produkteigenschaften und Funktionalitäten erst durch Digitalisierung möglich. Auf der Prozessseite werden nicht nur bestehende Abläufe durch Digitalisierung transparenter, schneller und effizienter, sondern es werden auch neue Geschäftsfelder und Services erst durch Digitalisierung ermöglicht. **Digitalisierung ist im Automotive-Bereich nicht ein Add-on, sondern wesentlicher Bestandteil und Erfolgsfaktor des automobilen Strukturwandels.** Dies zeigt sich sehr deutlich in den Investitionsplanungen der Automobilhersteller. So plant etwa der Volkswagen Konzern im Zeithorizont 2021 – 2025 eine Investitionssumme von insgesamt 73 Mrd. € für Zukunftstechnologien, davon mehr als ein Drittel (27 Mrd. €) für die Digitalisierung <sup>(2)</sup>. Dieser eindrucksvolle Investitionsrahmen wurde in der jüngsten Planungsrunde 2023 – 2027 nochmals deutlich angehoben: von der geplanten Gesamtinvestition von 180 Mrd. € sind 68 % (= 122 Mrd. €) für die Elektromobilität und Digitalisierung vorgesehen <sup>(3)</sup>.

**Dieser Strukturwandel findet immer an konkreten Arbeitsplätzen statt:** von der Produktentwicklung über den Wertschöpfungsprozess bei Zulieferern und Herstellern sowie bei wertschöpfungsintegrierten Dienstleistungen (Logistik, Qualitätssicherung) bis zur Vielfalt prozessbegleitender Aufgabefelder und After-Sales-Services. In all diesen Bereichen verändern sich Anforderungs- und Qualifikationsprofile mit einer Komplexität und Geschwindigkeit, die in hohem Maße durch die Digitalisierung hervorgerufen wird.

Dieser strukturelle und technologische Wandel trifft auf eine Branche, die heute schon mit einer mangelnden Personalverfügbarkeit konfrontiert ist, die teilweise wachstumshemmende Ausmaße angenommen hat. Dies hat sich auch in unseren Regionalstudien zur Automobilzulieferindustrie immer wieder bestätigt <sup>(4)</sup>.

**Um den Personal- und Qualifikationsbedarf in den Zukunftsfeldern der künftigen Automobilproduktion erfüllen zu können, ist daher eine Aus- und Weiterbildungs-offensive dringend geboten.** Diese Notwendigkeit ist weithin erkannt und Inhalt zahlreicher Programme auf Landes- und Bundesebene.

Auf Bundesebene werden z. B. durch das Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) im Rahmen des Förderprogramms „Zukunftsinvestitionen Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie“ (Konjunkturpaket Ziff. 35c) auch transformationsrelevante Qualifizierungen gefördert <sup>(5)</sup>. Seitens des Bundesministeriums (BMAS) werden u.a. dezentrale Weiterbildungsverbände auf regionaler Ebene unterstützt. Ziel dieses Bundesprogramms „Aufbau von Weiterbildungsverbänden“ ist es, die Weiterbildungsbereitschaft zu erhöhen, Vernetzung und Kooperation auf regionaler Ebene zu stärken und Weiterbildungsangebote zukunftsorientiert zu verbessern.

Gegenstand der Förderung sind seit 2020 branchenspezifische und branchenübergreifende Verbände; eine 2. Förderrichtlinie von 2021 hat zusätzlich den „Aufbau von Weiterbildungsverbänden zur Transformation der Fahrzeugindustrie“ zum Inhalt <sup>(6)</sup>. Der unter Federführung von Arbeit und Leben Thüringen entstandene Weiterbildungsverbund **FastForward – Weiterbildungsverbund Automotive & IT** gehört zu den vom BMAS geförderten Weiterbildungsverbänden.

Zielsetzung des FastForward-Verbundes ist es, *„den durch die digitale Transformation der Automobilzulieferindustrie entstehenden Bedarf an Kompetenzentwicklungen anforderungsorientiert zu erheben, darauf aufbauend passgenaue Maßnahmen zu entwickeln und die Weiterbildungsbeteiligung zu steigern“* <sup>(7)</sup>.

Zur Unterstützung dieser Projektziele wurde eine **externe Studie** ausgeschrieben und vergeben, die dem Verbundprojekt

- › auf der einen Seite als **wissenschaftlicher Input** zum erforderlichen Kompetenzentwicklungsbedarf durch Digitalisierung in der Automobilindustrie,
- › auf der anderen Seite zur *„Validierung und Evaluation sowie dem Benchmarking der innerhalb des FastForward-Projektes erhobenen Daten“* dienen soll.

Damit sind Kontext und Aufgabenstellung der vorliegenden Studie beschrieben.

# Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

## 1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung

Die Digitalisierung in der Automobilindustrie führt messbar zu einem überdurchschnittlich anwachsenden Bedarf an Beschäftigten mit entsprechenden Kompetenzen. Für die Automobilindustrie in Deutschland zeigen Auswertungen des ifo Instituts<sup>(8)</sup> auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit im Zeitraum 2015 – 2020 einen Anstieg der Beschäftigten im Bereich IKT (Informations- und Kommunikationstechnologien) um nahezu 40 % – ein deutlicher Kontrast zu anderen Berufsgruppen und augenfälliger Beleg für den Titel der FastForward-Fachtagung „**Digitale Kompetenzen auf der Überholspur**“<sup>(9)</sup>.

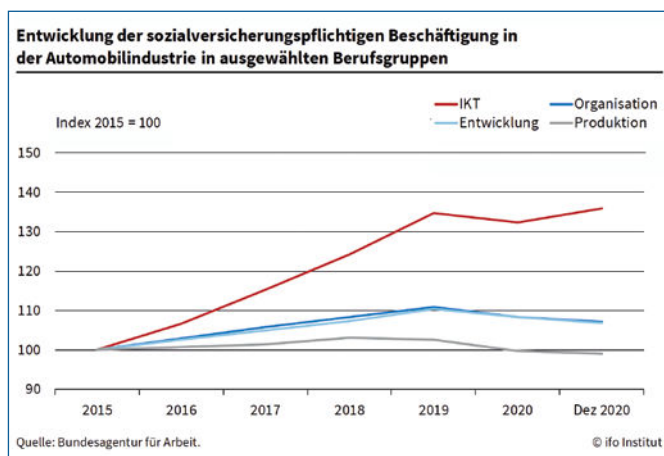


Abb. 1  
Digitale Kompetenzen auf der Überholspur

Die erforderlichen digitalen Kompetenzen lassen sich je nach Anwendungsbereich weiter untergliedern. So unterscheidet etwa die OECD<sup>(10)</sup> zwischen

- › **spezialisierten IKT-Fähigkeiten**, die bei der Herstellung von IKT-Produkten und digital vermittelten Dienstleistungen erforderlich sind (z. B. Software-Programmierung, Administration von E-Commerce-Netzwerken, Cloud Computing)
- › **generischen IKT-Fähigkeiten**, die bei der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in der täglichen Arbeit erforderlich sind
- › **IKT-komplementären Fähigkeiten**, die durch das veränderte Arbeitsumfeld (new work) generell erforderlich werden wie z. B. Fähigkeiten zur Informationsverarbeitung, Problemlösung, Eigenverantwortlichkeit und Kommunikation.

Generische und IKT-komplementäre Fähigkeiten betreffen die weit überwiegende Mehrzahl der Beschäftigten (z. B. in Produktion und Logistik), während spezialisierte IKT-Fähigkeiten nur für einen kleinen, allerdings stark anwachsenden Ausschnitt von Spezialisten und Experten erforderlich sind.

Dies verdeutlichen die Auswertungen der bereits genannten Studie des ifo-Instituts, in der bei den digitalen Kompetenzen wie folgt unterschieden wird:

- › **digitale Fachkompetenzen für disruptive Technologien** (Entwicklung neuer zukunftsrelevanter Technologien wie z. B. künstliche Intelligenz, Robotik, Cybersecurity)
  - › **digitale Fachkompetenzen** mit technischen Kenntnissen zu Software und Hardware (z. B. Entwicklung mobiler Anwendungen, Softwaretests, Computerhardware)
  - › **digitale Anwendungskompetenzen** zur Nutzung digitaler Geräte, Kommunikationsanwendungen und Netzwerke
- Beschäftigte mit digitalen Fachkompetenzen für disruptive Technologien verzeichnen in der Automobilindustrie 2015 – 2020 mit Abstand die höchsten Wachstumsraten (weltweit + 15,2 % p.a., in Deutschland + 12,6 % p.a.).

Unternehmen können (und müssen) die erforderlichen digitalen Kompetenzen durch **Qualifizierung und Kompetenzentwicklung der bestehenden Belegschaften** gewinnen, sei es durch Weiterbildung für neue Anforderungen (Upskilling), sei es durch Erlernen neuer Kompetenzen für neue Positionen (Reskilling). Bezogen auf die nutzungs- oder anwendungsorientierten Kompetenzlevels generische und komplementäre IKT-Fähigkeiten, die die Mehrzahl der Beschäftigten betreffen, führt an dieser Möglichkeit der Kompetenzentwicklung kein Weg vorbei. Die mangelnde Personalverfügbarkeit ist ein zusätzlicher Impuls für diese Option.

Anders stellt sich dies bei spezialisierten IKT-Fähigkeiten dar, insbesondere den genannten digitalen Fachkompetenzen für disruptive Technologien, die häufig nur durch **Neueinstellungen** in einem Marktsegment mit hoher branchenübergreifender Nachfrage gewonnen werden können<sup>(11)</sup>.

In dem Maße wie in den neuen Produktgenerationen der Fahrzeuge Digitalisierung weiter an Bedeutung gewinnt, Produktionssysteme und die Intralogistik weiter flexibilisiert und automatisiert werden, neue datengetriebene und softwarebasierte Anwendungen zu einer zentralen Komponente automobiler Wertschöpfung werden, wird dieser Bedarf an digitalen Kompetenzen in allen Bereichen und auf allen Ebenen der Automobilindustrie stetig weiter anwachsen. Digitale Kompetenzen bleiben auf absehbare Zeit auf der Überholspur.

## 2. Vorgehensweise und Methodik der Studie

Der Bedarf an digitalen Kompetenzen in der Automobilindustrie resultiert aus der Digitalisierung des Produkts und der damit verbundenen Entwicklung und Fertigung entsprechender Fahrzeugkomponenten und -funktionalitäten sowie aus der durchgängigen Digitalisierung des automobilen Wertschöpfungsprozesses. Beide Digitalisierungsfelder – **Produkt und Prozess** – sind daher notwendige Basis einer Analyse zur digitalen Transformation der Automobilindustrie.

Eingebettet in eine Gesamtschau des automobilen Strukturwandels mit den zeitgleich auftretenden Markt-, Produkt- und Prozessinnovationen ergeben sich auf der **Produktseite** vielfältige „Einfalltore“ für die notwendige Digitalisierung des Produkts.

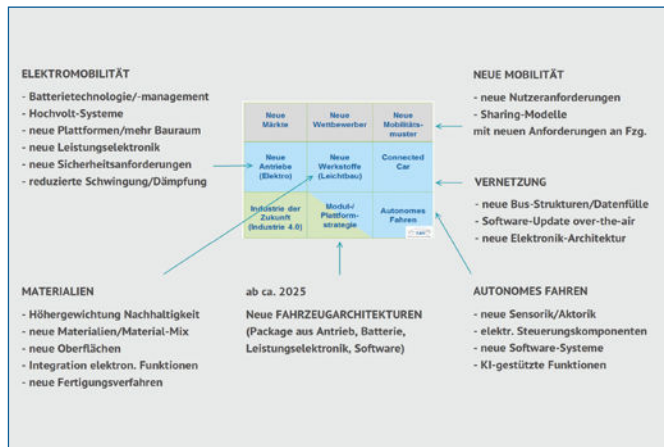


Abb. 2  
Trends „Zukunft Automobil“

Diese produktbasierten Digitalisierungstrends betreffen **alle Produktbereiche** (Fahrwerk – Antrieb – Karosserie/Exterieur – Interieur – Elektrik/Elektronik), wobei dem Produktbereich **Elektrik/Elektronik incl. Software-Systeme eine Schlüsselrolle als „Enabler“** insbesondere bei der Verarbeitung der im Fahrzeug erfassten Daten zukommt.

Bei der produktbasierten Analyse kann die vorliegende Studie auf einschlägigen Vorarbeiten aufbauen, ohne diese erneut extensiv darzulegen:

- › Grundlage unserer produktbasierten Analysen sind die Wertschöpfungsveränderungen auf dem Weg zu einer neuen Generation elektrischer Fahrzeuge, die auf Basis von **ca. 300 Teilen/Teilegruppen** am Beispiel von Referenzmodellen im Volumensegment untersucht wurden.

- › Im Ergebnis wurden je Produktbereich **Neu-, Modifikations- und Entfallteile** identifiziert, in deren Folge für Unternehmen und Beschäftigte neue Kompetenzen erforderlich sind bzw. vorhandene Kompetenzen angepasst und erweitert werden müssen bzw. nicht mehr benötigt werden und in neue Tätigkeiten überführt werden können.
- › Bezogen auf das Teilespektrum des Gesamtfahrzeugs sind lediglich 20 % der Teile nicht von Veränderungen betroffen. Dies verdeutlicht, dass in Folge dieser Produktveränderungen auch erhebliche **Veränderungen in den Kompetenzanforderungen** zu erwarten sind.

Diese Systematik ist Inhalt unserer Studie „Kompetenzentwicklung Zukunft Automobil“, die zur Unterstützung des Thüringer Kompetenzverbundes Automotive (TKA) im Auftrag der Thüringer Agentur Für Fachkräftegewinnung (ThAFF) durchgeführt und Ende Mai 2022 abgeschlossen wurde <sup>(12)</sup>.

Hierauf kann die vorliegende Studie aufbauen und sich dabei auf den Bedarf an digitalen Kompetenzen in den einzelnen Produktbereichen konzentrieren.

Für die Analyse der Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess wird ein **siebenstufiges prozessorientiertes Analysemodell** verwendet, das die Verknüpfung von Produkt und Prozess gewährleistet und zugleich die Clusterung nach Basisfähigkeiten ermöglicht. Dabei wird die automobile Wertschöpfung von der Produktplanung bis zur qualitätsgerechten Produkterstellung unter Einschluss unterstützender Prozesse betrachtet.

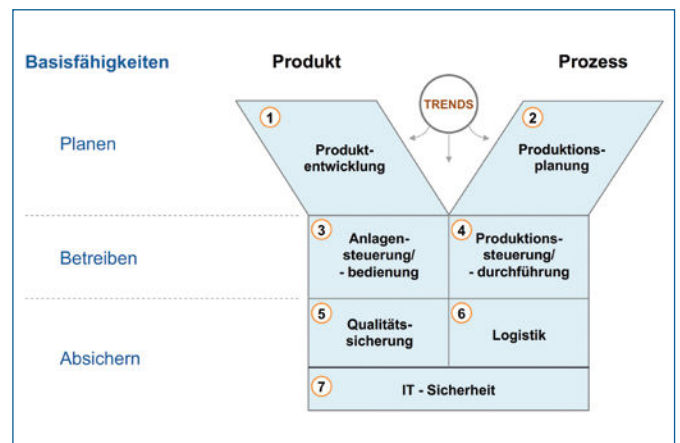


Abb. 3  
Analysemodell digitaler Kompetenzanforderungen



und Verwaltung der Fahrzeugflotten datengesteuerte Analysen mit KI-gestützten Software-Analysen eingesetzt. Diese dienen z. B. dem Ziel einer verbesserten Verfügbarkeit und effizienteren Nutzung des Fahrzeugangebots sowie der Prognose von Reinigungs- und Wartungszyklen <sup>(16)</sup>. Mit fortschreitender Automatisierung der Fahrzeuge wird ein zusätzlicher Entwicklungsschub für die shared mobility erwartet (bis hin zum Einsatz von Robotaxis auf bestimmten Routen in urbanen Zentren).

Diese CASE-induzierten Entwicklungstrends legen die Schlussfolgerung nahe, dass die über Jahrzehnte evolutionäre Weiterentwicklung der Informationstechnologie im Fahrzeug jetzt an Grenzen stößt und nach **disruptiven Technologie-Lösungen** verlangt, durch die die Bewältigung

- › von immensen Datenvolumina (big data) in Echtzeit
- › der neuen Welt der car-to-x Kommunikation
- › der wachsenden Anzahl von Steuerungs-, Automatisierungs- und Assistenzfunktionen
- › und des sich dynamisch entwickelnden Angebots an digitalen Services

technisch ermöglicht wird, und dies mit entsprechender Datensicherheit.

Die **neuen IT-Architekturen** im Fahrzeug, deren Umsetzung bei aktuellen Generationen vollelektrischer Fahrzeuge bereits begonnen hat, verlassen die bisherige Struktur mit dezentralen Steuergeräte-Inseln und setzen stattdessen auf einige **wenige zentrale Hochleistungsrechner** im Fahrzeug und eine steigende Nutzung von Cloud-Ressourcen<sup>(17)</sup>. Fahrzeugintern erfolgt die Kommunikation z. B. mittels schneller Ethernet-Technologien, extern durch schnelle 5G-Kommunikationsstandards.

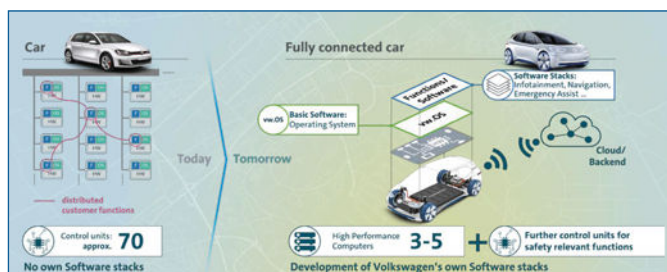


Abb. 5  
IT-Architekturen im Auto

Da der Software-Anteil im Fahrzeug zum einen quantitativ ins Unermessliche steigt (bis zu 1 Mrd. Lines of Code bei autonomen Fahrzeugen) <sup>(18)</sup> und zum anderen Software Updates „over the air“ erfolgen, sind auch **neue Software-Plattformen**

im Fahrzeug erforderlich. Diese beinhalten – wie das abgebildete Beispiel von Volkswagen zeigt – eine standardisierte Softwareplattform für ein **zentrales Betriebssystem und nachgelagerte Software-Stacks** für einzelne Anwendungsbereiche und Funktionalitäten. Diese können je nach der Fertigungstiefenstrategie des jeweiligen Automobilherstellers in Eigen- oder Fremdleistung entwickelt werden.

Die Verknüpfung von interner und externer Software, die Updates „over the air“, die Außenkommunikation des Fahrzeugs mit anderen Fahrzeugen und mit der Infrastruktur u. a. setzen auch **Codier-Standards** für die Programmierung von Software voraus wie sie z. B. mit den AUTOSAR-Leitlinien (Automotive Open System Architecture) entwickelt und zwischen führenden Automobil-Playern abgestimmt wurde <sup>(19)</sup>.

Die Software im Fahrzeug gewinnt nicht nur quantitativ enorm an Bedeutung, sondern wird zunehmend auch zu einem der wichtigsten Differenzierungsmerkmale zwischen den Automobilherstellern und ihren Produkten. **‘The future is software’** – titelt Volkswagen bei einer Präsentation zum Serienstart des ID.Buzz <sup>(20)</sup>.

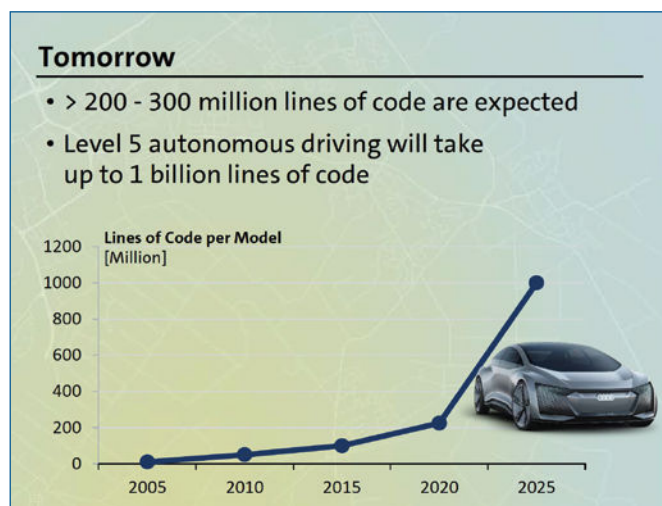


Abb. 6  
Anstieg des Software-Umfangs im Auto

Wie in dieser Skizzierung wesentlicher produktbasierter Digitalisierungstrends angedeutet, erstrecken sich diese Trends auf alle Produktbereiche, wenn auch in unterschiedlicher Intensität und Ausprägung.

Produktbereich	Ausprägungen auf Komponentenebene (Beispiele)
Fahrwerk	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Integration von Sensoren</li> <li>› drive-by-wire Komponenten</li> <li>› Felgen mit Insert-Aktoren</li> </ul>
Antrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Batterie/Elektromotor mit entspr. Batterie-/Motor-/Getriebe-/Lade- und Thermomanagement</li> <li>› Hochvoltssysteme und Leistungselektronik mit neuen Funktionalitäten</li> <li>› low energy Funknetze</li> <li>› gedruckte Sensorleitungen</li> </ul>
Karosserie/Exterieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Sensorintegration in Bauteilen (Überwachung des Werkstoffverhaltens)</li> <li>› optoelektronische Sensoren</li> <li>› Umfeldsensorik und Integration Kameras, Radar/Lidar</li> <li>› intelligente Beleuchtungselemente</li> </ul>
Interieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>› funktionale Oberflächen</li> <li>› HMI-Bedienelemente</li> <li>› Displays als Schaltzentrale für diverse digitale Services</li> <li>› Head-Up-Displays mit Augmented Reality aus Navigation</li> <li>› Innenraumsensorik</li> <li>› Flächenheizung/-kühlung mit zonenorientierter Steuerung</li> </ul>
Elektrik/Elektronik	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Fahrzeug Bussysteme (LIN-, CAN-, Flexray-Busse)</li> <li>› Last- und Spannungsmanagement</li> <li>› Energiemanagement inkl. Steuerung Rekuperation</li> <li>› zentrische und zonenorientierte E/E-Architektur</li> <li>› Prozessinformationen und Zustandsdiagnose</li> <li>› dynamische Fahrgastinformationen</li> <li>› embedded systems mit neuer Architektur</li> </ul>
Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Sensor Fusion Architekturen</li> <li>› Integration der Software-Umgebung von mobile devices</li> <li>› Programmierung verteilter E/E-Architekturen</li> <li>› ADAS Software Programmierung</li> <li>› Machine Learning Programmierung</li> <li>› Kommunikationsschnittstellen</li> <li>› Integration Cloud Services</li> <li>› Absicherung OTA Software-Updates</li> </ul>

Tab. 1  
Digitalisierungstrends im Produkt auf Komponentenebene

**Die Digitalisierung des Produkts erweist sich als ein wesentlicher Einflussfaktor für die Digitalisierung in der Automobilindustrie**, von der Automobilhersteller, aber auch neue Player, perspektivisch **attraktive Erlös- und Ertragsquellen** erwarten <sup>(21)</sup>.

## 4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Die skizzierten produktbasierten Digitalisierungstrends gehen mit digitalen Innovationen in den Prozessen der automobilen Wertschöpfungskette einher, von der Produktentwicklung und Produktionsplanung über den Produktionsbetrieb bis zur qualitätsgerechten Fertigstellung des Produkts entsprechend unseres siebenstufigen Analysemodells.

### 1. Produktentwicklung

In der Produktentwicklung gehört der Einsatz von Methoden und Technologien der Digitalisierung seit langem zur täglichen Praxis. Im Vordergrund steht dabei das **Produktdatenmanagement** mit einer durchgängigen Erhebung, Verarbeitung und Bereitstellung von Produktdaten über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs und unter Einbindung der beteiligten Akteure in der gesamten Wertschöpfungskette.

Bei der Erhebung bzw. Generierung von Produktdaten können zunehmend neue **Digitalisierungstechnologien** eingesetzt werden <sup>(22)</sup>.

Einige Beispiele:

- › Umwandlung physischer Objekte in verarbeitbare Datenmodelle durch **Computer Vision Systeme**
- › Einsatz von **Advanced Analytics** zur Analyse von historischen Daten von Erprobungsträgern und aus der Nutzungsphase der Bauteile/Komponenten im Fahrzeug
- › Softwaregestützte Produktsimulationen von externen Einflüssen auf das Produkt ohne zerstörende Prüfung, z. B. durch **Digital Mockups/Digital Prototyping**
- › Einsatz von **Virtual und Augmented Reality** als visuelle Technologien, um das digitale Modell erlebbar zu machen, nutzerorientierte Designs (UI/UX User Interface/User Experience) zu entwickeln und mögliche Folgeprozesse zu analysieren
- › Einsatz von Zukunftstechnologien aus dem Bereich **Künstliche Intelligenz** (KI) zur automatischen softwaregestützten Konstruktion (**Design Automation**).

Durch eine weiter fortschreitende Digitalisierung der Produktentwicklung erwartet eine PwC-Studie (Digital Product Development 2025) **noch erhebliches Potential** in der Industrie im Zeitraum 2020 – 2025: Effizienzsteigerung um 19 %, Reduzierung der Produkteinführungszeiten um 17 %, Senkung der Produktionskosten um 13 %.

Bei den eingesetzten Tools wollen die in der Studie befragten ca. 200 Unternehmen insbesondere verstärkt Data Analytics und KI nutzen. Mit dem zunehmenden Einsatz von Datenana-

lysen und Künstlicher Intelligenz steigt auch die Bedeutung von **Cybersicherheit**. Und hier bestehen noch bei nahezu 75 % der Unternehmen große Defizite <sup>(23)</sup>.

Für die Produktentwicklung, die als hochkomplexer Prozess in verteilten Strukturen (unternehmensintern und unternehmensübergreifend) erfolgt, ist das agile und kooperative Zusammenwirken aller Akteure (**Interoperabilität**) ein wesentlicher Erfolgsfaktor.

Hier gibt es auch bei zahlreichen Automobilherstellern noch strukturellen Anpassungsbedarf. Denn der Entwicklungsbereich (Technische Entwicklung TE) ist traditionell bauteilorientiert nach Produktbereichen gegliedert. Die durchgängige und zunehmende Durchdringung des Fahrzeugs mit Elektronik und Software bildet diese Struktur nur unzureichend ab. Daher führt kein Weg an **neuen organisatorischen Strukturen** vorbei.

Erste OEM haben damit begonnen. Im Frühjahr 2022 leitet die Marke Volkswagen eine vollständige Neugestaltung des Entwicklungsprozesses ein: *„Wenn das Auto immer mehr zum elektrisch angetriebenen Software-Produkt wird, muss sich auch seine Entwicklung in allen Dimensionen wandeln. Wir machen die TE vernetzter und leistungsfähiger, indem wir unsere Prozesse und Organisation statt an Bauteilen an Systemen und Funktionen ausrichten. Von Hardware first zu Software first“* <sup>(24)</sup>.

### 2. Produktionsplanung

Die Produktionsplanung hat für den Herstellungsprozess der jeweiligen Produkte die dafür erforderlichen **Kapazitäten und Ressourcen** (Flächen/Wege, Anlagen/Maschinen, Materialfluss, Personalbedarf), die Ausgestaltung der **Prozessfolgen** (Maschinenbelegung, Art und Umfang der Automatisierung, Austaktung) und die Grundlagen der **Prozesssteuerung** (Steuerungssystem, Erfassungspunkte für Prozessdaten, Vernetzung und Kommunikation) zu bewerten und auszuplanen. Dabei haben **optimale Produktionskosten** bei hoher **Prozesssicherheit/Verfügbarkeit** und ausreichender **Flexibilität** oberste Priorität.

Für die Bewältigung dieser komplexen Aufgabenstellung wurden immer schon Planungssoftware und digitale Tools genutzt. Technologische Weiterentwicklungen ermöglichen heute eine

umfassende und durchgängige digitale Produktionsplanung, die in die Betriebsphase rückgekoppelt und optimiert sowie für Nachfolgeplanungen als digitales Modell erneut genutzt werden kann.

Zu diesen weiter entwickelten Digitalisierungstechnologien <sup>(25)</sup> gehören z. B.

- › Nutzung von **Asset-Managementsystemen** für die Datenverwaltung aller Planungsobjekte (Software- und Hardware-Assets) über den gesamten Lebenszyklus
- › Datenaufnahme von bestehenden Gebäuden, Ausrüstungen, Produktionsmitteln durch **3D Laserscanning** als innovativer Erfassungstechnologie
- › Erzeugung digitaler Abbilder physischer Objekte (**digital twins**) und Rückkopplung von realen Produktionsdaten in das digitale Abbild (**digitaler Zwilling**)
- › Visualisierung des Gesamtprozesses durch automatisierte **3D-Modellierung** und dynamische **3D-Simulation** zur Engpass- und Störfaktorenanalyse (Prozess- und Materialfluss-Simulation)
- › Anwendung der **thermischen und Strömungssimulation** für die Digitalisierung von Planungsprozessen z. B. bei Hochvolt-Systemen
- › „Begehrbarkeit“ der digitalen Fabrik vor Ausführung/Inbetriebnahme durch **virtuelles Engineering** durch Nutzung von AR- und VR-Technologien zur virtuellen Absicherung und virtuellen Inbetriebnahme
- › **digitale Menschmodelle** als Werkzeuge virtueller Ergonomie zur Planung ergonomischer Prozess- und Arbeitsplatzgestaltung
- › Einsatz von modernen Data Management-Tools (**Data Mining**) zur Ermittlung aussagefähiger Informationen aus großen komplexen Datensätzen
- › Schnittstellen zum Datenaustausch mit angrenzenden digitalen Planungswerkzeugen z. B. aus digitalen BIM-Zwillingen für Gebäude (**Building Information Modeling**).

Jenseits aller digitalen Tools ist für jede Produktionsplanung die **Einbindung der Betreiber** von essentieller Bedeutung. Diese wird allerdings im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung erheblich erleichtert.

### 3. Anlagensteuerung/-bedienung

Maschinen und Anlagen in der Automobilproduktion haben für sich genommen schon jeweils computerbasierte Steuerungssysteme und maschinenbezogene Software an Bord,

durch die in Echtzeit Prozessdaten erfasst, visualisiert, durch integriertes Monitoring geprüft und durch entsprechende Schnittstellen an übergeordnete Leitsysteme übergeben werden können. Die Herausforderung beginnt jenseits der einzelnen Maschine oder Anlage, zu deren Bewältigung vielfältige Digitalisierungstechnologien heute schon zur Verfügung stehen.

Einige ausgewählte Beispiele:

- › **M2M-Kommunikation** (Machine-to-Machine) zum automatisierten Informationsaustausch zwischen Maschinen/Anlagen untereinander mit der Folge einer weitestgehenden Automatisierung der Steuerung sowie Kommunikation mit einer zentralen Leitstelle
- › **IoT/IIoT-Netzwerke** (Internet of Things/Industrial Internet of Things) ermöglichen die M2M-Kommunikation und können zudem physische und virtuelle Objekte miteinander vernetzen (IIoT-Plattformen)
- › Einsatz von **Lokalisierungssystemen** (z. B. Funk- und optische Technologien) und Auto Ident-Technologien zur automatisierten Teile-Zuführung zu den Anlagen und automatisierte Auslösung der Prozessbearbeitung
- › Einsatz von **Pick-and-Place-Robotern** zur Aufnahme, Positionierung und Ablage von Werkstücken insb. bei monotonen und repetitiven Vorgängen
- › Verwendung von **Mensch-Roboter-Kollaborationen** (MRK) zur Entlastung der Produktionsmitarbeiter bei anstrengenden und unergonomischen Arbeiten. Mit integrierter Sensorik sind **Cobots** (kollaborative Roboter) auch für die Automatisierung feinfühligere Montagearbeiten geeignet.
- › Einsatz von **Smart Wearables** zur digitalen Übertragung von Maschinendaten an einen zuständigen Mitarbeiter im Falle einer Maschinenstörung
- › Nutzung der digitalen Mess- und Prozessdaten von Maschinen und Anlagen für vorausschauende Wartungsinformationen (**predictive maintenance**), um Ausfallzeiten so gering wie möglich zu halten
- › Zugriff auf Prozessdaten von Maschinen und Anlagen durch **Telemetriesysteme**, die eine Remote Control aus entfernteren Standorten (z. B. durch den Maschinen-/Anlagenhersteller) erleichtern.

### 4. Produktionssteuerung/-durchführung

Diesem Wertschöpfungscluster kommt die Aufgabe zu, die im Produktionsprogramm enthaltenen und terminierten Aufträge in die Produktion einzusteuern und termin- und qualitätsgerecht herzustellen. Für die damit verbundene Steuerungsauf-

gabe steht in der Regel ein MES-System (Manufacturing Executive System) zur Verfügung.

Oberste Zielsetzung ist die Erfüllung der Volumen- und Liefertreue, die ihrerseits die Erfüllung einer Vielzahl unterlagerter Schlüsselkennzahlen (KPI) voraussetzt wie z. B. Auslastung und Verfügbarkeit der Anlagen, Materialverfügbarkeit, Personaleinsatz, Ausschuss und Nacharbeit, Durchlaufzeit. Diese Vielzahl von Indikatoren sind in einem ständigen Monitoring zu verfolgen, um bei Abweichungen und Störfällen zeitnah geeignete Maßnahmen einleiten zu können.

Aufgrund der Komplexität der Aufgabe, der damit verbundenen Datenfülle und des Zeitdrucks für Entscheidungen bei operativen Störungen sind systemgestützte Werkzeuge seit langem Standard. Aber auch in diesem Wertschöpfungscluster eröffnet die Digitalisierung zusätzliche Möglichkeiten <sup>(26)</sup>, deren Nutzung bei den großen Playern der Branche auch weit fortgeschritten ist.

Beispiele:

- › vorgelagerte und prozessbegleitende **digitalisierte Materialverfügbarkeitsprüfung** durch intelligente Tools (automatisierter Abgleich der eingelasteten Aufträge auf Einzelteilbasis mit Bestands- und Lieferdaten aus Logistiksystemen)
- › virtuelle Überwachung des gesamten Produktionsprozesses durch **Echtzeit-Visualisierung** und rollenbezogene Bereitstellung dieser Informationen in Form von Dashboards für Management, operative Führungskräfte und Mitarbeiter der Fertigungsbereiche <sup>(27)</sup>
- › **virtueller Leitstand** als fertigungsbereichsübergreifendes Kontrollzentrum mit Nutzung von KI-basierten Informations- und Analysesystemen (z. B. **predictive analytics**) als Hilfestellung bei Entscheidung von Korrekturmaßnahmen
- › **digitales Shopfloor-Management** durch digitale Assistenzsysteme für die Mitarbeiter und Einsatz von mobilen Endgeräten incl. Smart Wearables
- › Nutzung von **Cloud Plattformen** (alternativ: On Premise im eigenen Rechenzentrum) für die Zusammenführung und Speicherung der benötigten Daten aus unterschiedlichen Quellen und Systemen
- › (teil-)automatisierte und manipulationssichere **digitale Prozessdokumentation** zur nachvollziehbaren Erfassung, Archivierung und Rückverfolgbarkeit von Einzelprozessen und Prüfschritten sowie als Datenfundus für Prozessoptimierungen.

Zusätzlich stehen für den Produktionsbetrieb die digitalen Werkzeuge aus der Produktionsplanungsphase zur Verfügung

(z. B. digitaler Zwilling von Einzelprozessen und Gesamtprozess, 3D-Simulation zur Engpass- und Störfaktorenanalyse).

## 5. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung und das übergeordnete Qualitätsmanagement stellen ein übergeordnetes Wertschöpfungscluster dar, das den **gesamten Lebenszyklus des Produkts** von der Entwicklung bis zur qualitätsgerechten Fertigung und darüber hinaus bis in die Nutzungsphase des Produkts begleitet. Dabei ist eine Spannweite abzudecken, die auf der einen Seite durch proaktive Maßnahmen Qualitätsprobleme grundsätzlich verhindert und auf der anderen Seite bei dennoch auftretenden Mängeln deren lückenlose Rückverfolgbarkeit mit Abstellmaßnahmen gewährleistet.

Produktentwicklung:

- › umfassende Datenermittlung und -bereitstellung unter Nutzung von **Data Analytics** als Basis für eine Qualitätsvorausplanung (**Advanced Product Quality Planning**) zur Festlegung der erforderlichen Qualitätseigenschaften des Produkts und zur Integration von Kundenanforderungen (**Quality Function Deployment**)
- › frühzeitige Festlegung von **Quality Gates** für die Produktentwicklung (und alle nachfolgenden Prozesse) mit Einsatz von digitalen Technologien zur Prüfung der Zielerreichung wie z. B. **Design Review** anhand virtueller Modelle und 3D-Modelle/-Simulationen
- › Implementierung eines Informationssystems zum **Digital Product Life Management** (PLM), in dem alle produktrelevanten Informationen von der Entwicklung über die Produktion bis zur Nutzungsphase erfasst, archiviert und ausgewertet werden

Produktionsplanung:

- › digitale Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (**Digital FMEA** Failure Mode and Effective Analysis), um frühzeitig potentielle Qualitätsrisiken in Produkt und Prozess zu erkennen
- › Ausplanung einer prozessintegrierten automatisierten Überwachung aller qualitätsrelevanten Produktionsparameter zur Sicherstellung eines **Predictive Quality Managements**

Produktionssteuerung/-durchführung:

- › Erfassung vielfältiger Prozessdaten, z. B. durch **Smart Sensors**, und deren Bereitstellung/Auswertung durch Sensordatenfusion
- › Nutzung von **Auto Ident-Systemen** zur automatischen Er-

kennung von zu prüfenden Teilen und digitale Bereitstellung der zur Qualitätsprüfung erforderlichen Produktdaten

- › visuelle und automatische Prüfung (**Automated Optical Inspection**) durch Einsatz von 3D-Scannern, Scan-Robotern und geeigneten Kameras
- › digitale Objekterkennung, Bildverarbeitung und geometrische Vermessung durch **Computer Vision**-Systeme

Lieferkette/Qualitätssicherung Kaufteile

- › Austausch/Bereitstellung von Qualitätsdaten aus der gesamten Wertschöpfungskette durch manipulationssichere Verschlüsselung der Informationen durch **Kryptographie** (digitale Zertifikate mit Prüfung der Authentizität) bzw. **Blockchain**-Technologien

Nutzungsphase

- › **On-Board-Diagnose** (OBD) durch automatische Überwachung von Teil-Funktionen durch die entsprechenden Steuergeräte, z. T. gesetzlich vorgeschrieben (bei emissionsrelevanten Komponenten), z. T. zur Erleichterung von Fehlersuche und Reparatur. Diese Diagnoseprotokolle können durch externe Diagnosegeräte offline ausgelesen werden; perspektivisch ist hier auch der Einsatz von connected services und OTA-Technologien denkbar.

Über alle Wertschöpfungsstufen hinweg ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Qualitätssicherung die **Qualifikation der Mitarbeiter**. Dies schließt in zunehmendem Maße auch digitale Kompetenzen ein, die je nach Tätigkeit unterschiedlich ausgeprägt sein können: von digitalen Entwicklungs- und Planungskompetenzen bis zur Anwendungskompetenz von digitaler Hard- und Software.

## 6. Logistik

Aufgabe der Logistik ist die prozesssichere und termingerechte Versorgung der Produktion mit den benötigten Materialien und Teilen. Dies setzt die durchgängige Verfügbarkeit von Informationen in der gesamten Supply Chain und deren Auswertung und Bereitstellung (nahezu) in Echtzeit voraus. In der Automobillogistik ist dies eine hochkomplexe Aufgabe mit einer Vielzahl von Akteuren, bei der die Digitalisierung wesentlich zur Erhöhung der Prozesssicherheit, der Reduzierung der Logistikkosten und der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit beitragen kann.

Am Beispiel der innerbetrieblichen Logistik (**Intralogistik**) lassen sich in allen Prozessstufen (Wareneingang, Lager,

Kommissionierung/Sequenzierung, Materialbereitstellung am Bedarfsort) Möglichkeiten des Einsatzes von Digitalisierungstechnologien aufzeigen.

Einige Beispiele:

Wareneingang

- › (halb)automatische Identifizierung des eingehenden Materials z. B. durch entsprechende Ident-Technologien (**RFID-Tags, digitale Label**)
- › Erfassung von Inhalt und Liefermengen z. B. durch **Computer-Vision-Systeme**
- › digitale Weitergabe der Eingangsinformationen an übergeordnete Folgesysteme z. B. **Warehouse Management System**

Lager

- › durch Einsatz digitaler Tools **optimierte Lagerplatzzuordnung** (incl. Wegeoptimierung vom Wareneingang ins Lager und vom Lagerausgang zum Bedarfsort)
- › innovative **Staplersteuerung** durch integrierte Sensoren und Laserlokalisierung
- › bei ausgewählten Teilprozessen Einsatz von **fahrerlosen Gabelstaplern**
- › Einsatz von **mobilen Robotern und Drohnen** für eine digitale Inventur

Kommissionierung/Sequenzierung

- › Nutzung von **Pick-by-X**-Lösungen zur beleglosen und mitarbeiterzentrierten Kommissionierung (pick-by-light, pick-by-scan, pick-by-vision)
- › Einsatz des **Wearable Computing** z. B. für freihändiges Kommissionieren (Entfall von Handscannern) durch intelligente Armbänder oder Arbeitshandschuhe in Verbindung mit Datenbrillen

Materialbereitstellung

- › Einsatz von Routenverkehren mit **fahrerlosen Transportsystemen** (automated guided vehicles), die zentral gesteuert und an eine feste Navigation gebunden sind
- › perspektivisch Einsatz von **autonomen digitalen FTS** für ausgewählte Aufgaben

Sonderthemen

- › Einsatz von **Robotik in der Verpackungslogistik**
- › Steuerung des Behältermanagements von Mehrweg-Behältern zur Optimierung der Verfügbarkeit und Reduzierung von Investitionen und Kosten durch smarte Sender (Beacons) und **Tracking and Tracing-Technologien**

Neben diesen digitalen Einzelanwendungen setzen sich für komplexe Logistikprozesse (z. B. bei Logistik-Dienstleistern) immer mehr **übergreifende cloudbasierte IT-Architekturen**

und der Einsatz von **Data Analytics und Künstlicher Intelligenz** durch <sup>(28)</sup>.

## 7. IT-Sicherheit

Der IT- und Informationssicherheit kommt als Querschnittsfunktion über alle Teilprozesse eine entscheidende Bedeutung zu. Durch die Datenfülle, die Vielfalt von Systemen, Netzwerk- und Kommunikationsstrukturen sowie die weit gefächerte Akteurslandschaft hat die IT- und Informationssicherheit bei der Digitalisierung in der Automobilindustrie einen herausragenden Stellenwert.

Als Anforderungen sind hervorzuheben:

- › Auf **Unternehmensebene** hängt der Umfang der IT-Sicherheitsmaßnahmen vom jeweiligen Schutzniveau ab. Basis sind in jedem Fall die Erfüllung der erforderlichen **Sicherheitszertifizierungen und Standardisierungsvorgaben**. Im laufenden Betrieb ist ein kontinuierliches **Monitoring** der Systeme dringend erforderlich incl. eines systematischen Risiko- und Schwachstellen-Managements.
- › Erfüllung der **branchenweiten Anforderungen** für den Datenaustausch z. B. aus dem ISA-Katalog (Information Security Assessments) des Verbands der Automobilindustrie VDA entsprechend des jeweiligen TISAX Levels. **TISAX** (Trusted Information Security Assessment Exchange) ist ein unternehmensübergreifendes Prüf- und Austauschverfahren für Informationssicherheit in der Automobilindustrie auf europäischer Ebene und betrifft alle Akteure.
- › Aufbau eines **Cyber Security**-Konzepts in dem Maße, wie ein internetbasierter Datenaustausch genutzt wird. Automobilhersteller haben durch die steigende Bedeutung von Software im Produkt (Eigen- und Fremdsoftware) und Updates „over the air“ besonders hohe Anforderungen zu erfüllen, die 2020 durch die UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) definiert wurden.

Zusammenfassend zeigt die nachstehende Tabelle nochmals die Vielfalt von Digitalisierungstrends und der zum Einsatz kommenden Technologien in den ausgewählten Wertschöpfungsclustern. Obgleich zahlreiche der angezeigten Technologien in mehreren Wertschöpfungsclustern Verwendung finden, werden diese überwiegend nur einmal in einem ausgewählten Wertschöpfungscluster genannt, um allzu häufige Mehrfachnennungen zu vermeiden.

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
Produktentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› digitale Bilderkennung/-verarbeitung durch Computer</li> <li>› Vision Systeme für die Umwandlung physischer Objekte in verarbeitbare Datenmodelle</li> <li>› Datenanalyse aus der Erprobungs- und Nutzungsphase von Bauteilen/ Komponenten durch Advanced Analytics Systeme</li> <li>› virtuelle Produktentwicklung durch digitale Versuchsmodelle (Digital Mock-ups) zur Produktprüfung durch Computersimulation</li> <li>› Unterstützung der Prototypenentwicklung durch visuelle Technologien, durch die der Entwickler mit einer virtuellen Welt interagieren (Virtual Reality) und diese mit computergenerierten Inhalten anreichern kann (Augmented Reality)</li> <li>› Verarbeitung großer Datenmengen und Nutzung von KI-Technologien (z.B. generatives Design) zur Optimierung von Bauteil-Gewichten und zu dynamischen Simulationen (z.B. Crash, Verformung, Strömungsdynamik)</li> </ul>
Produktionsplanung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Asset-Management zur Datenverwaltung aller Planungsobjekte über den gesamten Lebenszyklus)</li> <li>› 3D Laserscanning zur Datenaufnahme von Bestandsgebäuden, Ausrüstungen und Produktionsmitteln</li> <li>› digital twins und digitale Zwillinge als digitale Abbilder von Realität und zur Rückkopplung von realen Daten in das digitale Abbild</li> <li>› 3D Modellierung und 3D Simulation zur Prozess- und Materialfluss-Simulation</li> <li>› thermische und Strömungssimulation bei Hochvolt-Systemen</li> <li>› virtuelles Engineering zur virtuellen Absicherung und virtuellen Inbetriebnahme</li> <li>› Nutzung von digitalen Menschmodellen zur ergonomischen Prozess- und Arbeitsplatzgestaltung</li> <li>› Data Mining zur Auswertung großer komplexer Datensätze</li> <li>› Schnittstellen zum Datenaustausch mit angrenzenden digitalen Planungswerkzeugen, z.B. Building Information Modeling</li> </ul>
Anlagensteuerung/ -bedienung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› M2M-Kommunikation zum automatisierten Informationsaustausch zwischen Maschinen/Anlagen</li> <li>› Nutzung von internetbasierten Netzwerken (Internet of things) und Plattformen</li> <li>› automatisierte Teilezuführung durch Lokalisierungssysteme/ Auto Ident bzw. Pick-and-Place-Roboter</li> <li>› Mensch-Roboter-Kollaborationen (MRK) an ausgewählten Arbeitsplätzen</li> <li>› digitale Übertragung von Maschinendaten an die Smart Wearables der zuständigen Mitarbeiter</li> <li>› predictive maintenance durch Nutzung digitaler Mess- und Prozessdaten</li> <li>› Zugriff auf diese Daten auch durch Telemetriesysteme für die Fernwartung</li> </ul>

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
Produktionssteuerung/ -durchführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vorgelagerte digitalisierte Materialverfügbarkeitsprüfung durch Verwendung digitaler Tools zum Abgleich von Auftrags-, Produktions- und Logistikdaten</li> <li>› Echtzeit-Visualisierung und rollenbezogene Bereitstellung entsprechender Dashboards für unterschiedliche Akteure</li> <li>› virtueller Leitstand als übergeordnetes Kontrollzentrum und Nutzung von KI-basierten Informationssystemen</li> <li>› digitales Shopfloor-Management mit Bereitstellung von Assistenzsystemen für Mitarbeiter</li> <li>› cloudbasierte Zusammenführung und Speicherung der benötigten Datenmengen</li> <li>› durchgängige digitale Prozessdokumentation von Einzelprozessen zur Rückverfolgbarkeit und zur Prozessoptimierung</li> </ul>
Qualitätssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Einsatz von Data Analytics in der Qualitätsvorausplanung</li> <li>› Design Review als Quality Gate in der Produktentwicklung</li> <li>› digitales Informationssystem zum Product Life Management</li> <li>› Digital FMEA in der Produktionsplanung zur frühzeitigen Erkennung von Qualitätsrisiken</li> <li>› automatisierte Überwachung qualitätsrelevanter Produktionsparameter als Bestandteil eines Predictive Quality Management</li> <li>› Erfassung von Prozessdaten durch Smart Sensors</li> <li>› Nutzung von Auto Ident Systemen bei Prüfteilen</li> <li>› visuelle und automatische Prüfung und Auswertung durch Computer Vision</li> <li>› kryptographische Verfahren und Blockchain Technologien zum Austausch von Qualitätsdaten in der Wertschöpfungskette</li> <li>› On-Board-Diagnose zur automatischen Fehlerkontrolle im Fahrzeug</li> </ul>
Logistik	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Ident-Technologien im Wareneingang für die (halb)automatische Erfassung des eingehenden Materials</li> <li>› digitale Tools zur optimierten Lagerplatzzuweisung incl. Wegeoptimierung</li> <li>› innovative Staplersteuerung mit Sensorik und Laserlokalisierung</li> <li>› fahrerlose Gabelstapler für ausgewählte Teilprozesse</li> <li>› Nutzung von mobilen Robotern und Drohnen für eine digitale Inventur</li> <li>› Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen, perspektivisch auch von autonomen digitalen FTS</li> <li>› Robotik in der Verpackungslogistik</li> <li>› Tracking and Tracing Technologien z.B. beim Behältermanagement</li> <li>› übergreifende cloudbasierte IT-Architekturen und Nutzung von Data Analytics/KI zur Auswertung der Datenfülle in Echtzeit und zur Prozessoptimierung</li> </ul>

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
IT-Sicherheit	<p>Grundlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Erfüllung von Sicherheitszertifikaten und Standardisierungsvorgaben</li> <li>› Monitoring mit Risiko- und Schwachstellenanalyse im laufenden Betrieb</li> <li>› branchenweite Anforderungen für Datenaustausch</li> <li>› Automotive Cyber Security</li> </ul>

Tab. 2  
Digitalisierungstrends im Wertschöpfungsprozess Automobil

# Summary

- › Die Digitalisierung ist kein Add-on, sondern ein wesentlicher Bestandteil der Transformation der Automobilindustrie, der das Produkt und den damit verbundenen Wertschöpfungsprozess nachhaltig bestimmt und verändert.
- › Auf der Produktseite führt die fortschreitende Entwicklung zu elektrischen, vernetzten, (teil-) autonomen Fahrzeugen und einer shared mobility dazu, dass Autos immer mehr zu einem digitalen Objekt werden, in dem die Software zu einem wesentlichen Wertschöpfungs- und Differenzierungsfaktor wird.
- › Auf der Prozessseite setzen sich in allen Stufen des automobilen Wertschöpfungsprozesses digitale Innovationen durch, die die Prozesse effektiver, transparenter und sicherer machen sowie die damit verbundenen Kosten verringern. Die zunehmende mangelnde Personalverfügbarkeit ist häufig ein zusätzlicher Antrieb für diese Entwicklung.
- › Das Spektrum der Digitalisierungstechnologien ist überwältigend: neue E/E-Architekturen und Bussysteme im Fahrzeug, (Teil-)Automatisierung, Mensch-Roboter-Kollaboration, fahrerlose Gabelstapler und Transportsysteme, smarte Sensoren, Computer-Vision-Systeme, Echtzeit-Visualisierung, digitale Ident- und Assistenzsysteme, Nutzung von Virtual und Augmented Reality, digitale Abbilder der Realität in digitalen Zwillingen, digitale Simulation, Big Data und Data Analytics, KI-Technologien, cloudbasierte Plattformen, internetbasierte Netzwerke u. v. m.
- › Durch die Datenfülle, die produkt- und unternehmensübergreifende Datenkommunikation, die Vielfalt der Akteure (von Lieferanten, Dienstleistern und Herstellern über kommunale und infrastrukturelle Einrichtungen bis hin zum Kunden) wird die IT-Sicherheit incl. Cyber Security zu einer entscheidenden Querschnittsfunktion von herausragender Bedeutung.
- › Neben technologischen Voraussetzungen ist jedoch der digitale Reifegrad von Unternehmen und die digitale Kompetenz der Mitarbeiter der wesentliche Erfolgsfaktor.



# Quellen- und Literaturangaben

- (1) <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/de/instance/ko/CASE-Vernetzte-Strategie.xhtml?oid=29182599>
- (2) <https://www.volkswagenag.com/de/news/2020/11/Volkswagen-Group-raises-investments-in-future-technologies-to-EUR-73-billion.html>
- (3) Volkswagen Group News vom 14.03.23.
- (4) Beispiel Thüringen: Wege zur Zukunftsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Thüringen – Trendscouting, Bestandsaufnahme/Tiefenanalyse, Handlungsempfehlungen, Studie des Chemnitz Automotive Institute (CATI) in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk automotive thüringen e.V. (at), hrsg. vom Thüringer ClusterManagement in der Landesentwicklungsgesellschaft (LEG), Erfurt September 2018.
- (5) <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/zukunftsinvestitionen-fahrzeughersteller-zulieferindustrie.html>
- (6) <https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Aus-und-Weiterbildung/Weiterbildungsrepublik/Weiterbildungsverbuende/weiterbildungsverbuende-art.html>
- (7) FastForward – Weiterbildungsverbund Automotive & IT, Ausschreibung einer externen Studie zum Kompetenzentwicklungsbedarf ‚Digitale Transformation der Automobilindustrie‘, Erfurt 10. Dez. 2021, S. 2.
- (8) ifo schnelldienst digital 12/2021, Transformation in der Automobilindustrie – welche Kompetenzen sind gefragt?
- (9) FastForward Weiterbildungsverbund Automotive & IT, Fachtagung 2023, 09. Jan. 2023, Thüringer Zentrum für Existenzgründungen und Unternehmertum (ThEX), Erfurt.
- (10) OECD Digital Economy Papers No. 258, New skills for the digital economy, 2016 Ministerial Meeting on the digital economy.
- (11) ifo schnelldienst digital 12/2021, a.a.o. – BMAS/Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft, Zukünftige Profile für die Automobilwirtschaft, 07/2021.
- (12) Kompetenzentwicklung Zukunft Automobil in Thüringen, Studie des Chemnitz Automotive Institute (CATI) in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk automotive thüringen e.V. (at), beauftragt durch die Thüringer Agentur Für Fachkräftegewinnung (ThAFF), Erfurt Mai 2022. - Zu den teilebezogenen Details siehe auch die Dokumentation, die automotive thüringen zur Verfügung gestellt wurde und in der Info-Reihe des Netzwerks automotive thüringen unter dem Titel ‚Veränderte Teilestruktur im Fahrzeug durch Elektromobilität‘ (at kompakt No.1) veröffentlicht wurde.
- (13) Studie der Technologie- und Innovationsberatungsgesellschaft Invensity, zitiert in: automotiveIT vom 29. April 2014.
- (14) Studie des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), zitiert in: DevTopics – Software Development Topics, March 9, 2009.
- (15) Siehe hierzu Uwe Winkelhake, Die digitale Transformation der Automobilindustrie, 2021, insb. S. 185 ff.
- (16) Shared Mobility – Technologie als Schlüssel zur Zukunft der Mobilität, in: automotiveIT vom 14. Okt. 2022.
- (17) Volkswagen AG, Investor Conference Call with Société Générale, 23 March 2020 – Leading the Transformation, Präsentation von Frank Witter (CFO), S. 24.
- (18) dto., S. 25.
- (19) Die AUTOSAR-Architektur, in: embedded-software-engineering vom 30.06.2021.
- (20) Marke Volkswagen, UBS Electric & Autonomous Car Trip, Hanover September 13, 2022 – Präsentation Dr. Silke Bagshik, S. 12 ff.
- (21) McKinsey & Company, Automotive revolution - perspective towards 2030. – Die Studie geht davon aus, dass bis 2030 durch Digitalisierung weltweit ein Markt von 1.500 Mrd. US-Dollar für Mobilitäts- und Datenkonnektivitätsdienste entsteht.
- (22) Siehe hierzu z.B. Augmented Reality: Wie die Produktentwicklung profitiert, in: Industry of Things vom 14.05.2020 - KI in der Produktentwicklung, in: Auto-CAD Magazin vom 30.08.2021.
- (23) PwC, Digital Product Development 2025, March 2019.
- (24) So der Markenvorstand VW für Technische Entwicklung Thomas Ulbrich, VW-Pressemitteilung vom 03.03.2022.
- (25) Zu einigen der angesprochenen Digitalisierungstechnologien siehe z.B. 5 Tools zur smarten Produktionsplanung in: elektroniknet.de vom 23. Nov. 2021 sowie als Praxisbeispiel <https://fabrik-id.de/>.
- (26) Zur Digitalisierung in den Wertschöpfungsklustern Produktionsplanung und -steuerung, Qualitätssicherung und Logistik siehe auch Bernhard Steimel/Ingo Steinhaus, Trendbook Smarter Production, 2021.
- (27) Das vom Chemnitzer Unternehmen CARNET GmbH entwickelte Tool VIVA (Vehicle Information and Visualization Analysis), das ein integriertes Auftrags- und Materialmanagement in Echtzeit ermöglicht, war ein Wegbereiter für diese Entwicklung. Gemeinsam mit dem Kunden Volkswagen Sachsen wurde CARNET für diese Pionierleistung der eLogistics Award 2013 verliehen.
- (28) Siehe als Praxisbeispiel <https://www.schnellecke.com/de/smart-logistics/digitalization>.

**Herausgeber:**

Chemnitz Automotive Institute (CATI)  
c/o TUCed – An-Institut für Transfer und  
Weiterbildung GmbH an der Technischen  
Universität Chemnitz  
Reichenhainer Straße 29  
09126 Chemnitz

Tel: +49371/909490  
Fax: +49371/9094949  
E-Mail: [info@tuced.de](mailto:info@tuced.de)  
<https://www.tuced.de/>

Chemnitz, August 2023

**Bildnachweise:**

Titelseite: istockphoto/nadla  
Abb. 1: ifo-institut/Bundesagentur für Arbeit  
Abb. 2: CATI  
Abb. 3: CATI  
Abb. 4: BAST-Bericht V 347, Ingenieurbüro Schwietering  
Aachen, Institut für Verkehrstechnik TU München, Theis  
Consult GmbH Aachen, Institut für Verkehrssystemtechnik,  
DLR Braunschweig/Berlin  
Abb. 5: Witter, Frank (2020): Leading the Transformation,  
23.03.2020, Volkswagen AG  
Abb. 6: Witter, Frank (2020): Leading the Transformation,  
23.03.2020, Volkswagen AG



