

Kompetenzentwicklungs- bedarf

„Digitale Transformation der Automobilindustrie“



Studie des
Chemnitz Automotive Institute (CATI)
in Zusammenarbeit mit
Netzwerk automotive thüringen e.V. (at)

Auftraggeber



Die Studie wurde von Arbeit und Leben Thüringen im Rahmen des Projektes **Fast Forward – Weiterbildungsverbund Automotive & IT** beauftragt, das vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Rahmen des Bundesprogramms ‚Aufbau von Weiterbildungsverbänden‘ gefördert wird.

Die Erarbeitung der Studie erfolgte im Zeitraum von Aug. 2022 – Mai 2023 durch das Chemnitz Automotive Institute (CATI), Geschäftsbereich und Marke der TUCed An-Institut für Transfer und Weiterbildung GmbH an der Technischen Universität Chemnitz in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk automotive thüringen (at).

Die Studie wurde Anfang Juni 2023 fertiggestellt.

Projektteam:

Prof. Dr. Werner Olle, Dr. Daniel Plorin und Martin Schuler (alle CATI)

Rico Chmelik und Dr. Julia Hünninger (beide at).

Bildquelle Umschlagseite:
iStock, Concept Car (ID 499751058)

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
3. Digitalisierungstrends im Produkt
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

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) ⁽¹⁾.

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 insg. 73 Mrd. € für Zukunftstechnologien, davon mehr als ein Drittel (27 Mrd. €) für die Digitalisierung ⁽²⁾.

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 Aufgabenfelder 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 gilt auch für die Automobil- und Zulieferindustrie in Thüringen ⁽³⁾.

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

Auf Landesebene hat z.B. die ‚Automotive Agenda Thüringen‘ (2018) des Wirtschaftsministeriums (TMWWDG) mit Priorität auf diesen Handlungsbedarf verwiesen ⁽⁴⁾ und hat die unter Federführung des Arbeitsministeriums (TMSGFF) von der Thüringer Allianz für Berufsausbildung und Fachkräftesicherung formulierte „Fachkräftestrategie für Thüringen 2021 bis 2025“ konkrete Umsetzungsmassnahmen auf den Weg gebracht ⁽⁵⁾ - teilweise mit direktem Bezug zur Automobilindustrie wie z.B. die Unterstützung des Thüringer Kompetenzverbundes Automotive (TKA) oder die Begleitung der entstandenen Weiterbildungsverbände. Durchgängig wird dabei auch die Digitalisierung als bedeutendes Handlungsfeld für Kompetenzentwicklung adressiert.

Auf Bundesebene werden z.B. durch das Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) im Rahmen des Förderprogramms ‚Zukunftsinvestitionen Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie‘ (Konjunkturpaket Ziff. 35c) auch transformationsrelevante Qualifizierungen gefördert ⁽⁶⁾. Seitens des Bundesarbeitsministeriums (BMAS) werden u.a. dezentrale Weiterbildungsverbände auf regionaler Ebene unterstützt. Ziel dieses Bundesprogramms ‚Aufbau von Weiterbildungsverbänden‘ ist es, die Weiterbildungsbereit-

schaft zu erhöhen, Vernetzung und Kooperation auf regionaler Ebene zu stärken und Weiterbildungsangebote zukunftsorientiert zu verbessern. Gegenstand der Förderung sind seit 2020 branchenspezifische und branchenübergreifende Verbünde; eine 2. Förderrichtlinie von 2021 hat zusätzlich den ‚Aufbau von Weiterbildungsverbänden zur Transformation der Fahrzeugindustrie‘ zum Inhalt (7). Der unter Federführung von Arbeit und Leben Thüringen entstandene Weiterbildungsverbund **Fast Forward – 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“* (8).

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 Fast Forward Projektes erhobenen Daten“* dienen soll.

Dazu soll eine Fokussierung auf Kompetenzen im Wertschöpfungsprozess (einschließlich diverser Vorleistungsbereiche) erfolgen, die für in Thüringen lokalisierte Unternehmen aus der Zulieferindustrie und der IT-Branche (mit Schwerpunkt Westthüringen) heute und perspektivisch von Bedeutung sind.

Damit sind Kontext und Aufgabenstellung der vorliegenden Studie beschrieben.

Teil I

Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

- ☞ **1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung**
- 2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
- 3. Digitalisierungstrends im Produkt
- 4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

- 1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
- 2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

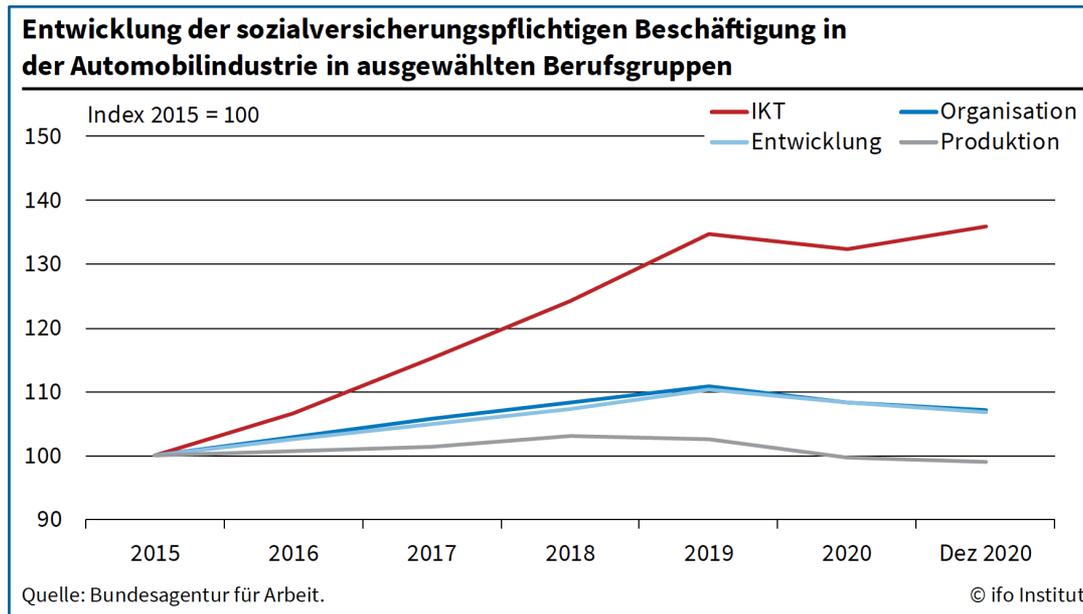
Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

I.1. Digitaler Kompetenzbedarf Automobilindustrie

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 ⁽⁹⁾ 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“** ⁽¹⁰⁾.

Abb. 1 Digitale Kompetenzen auf der Überholspur



Die erforderlichen digitalen Kompetenzen lassen sich je nach Anwendungsbereich weiter untergliedern. So unterscheidet etwa die OECD ⁽¹¹⁾ 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 Automobil-

industrie 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, insbesondere den genannten digitalen Fachkompetenzen für disruptive Technologien dar, die häufig nur durch **Neueinstellungen** in einem Marktsegment mit hoher branchenübergreifender Nachfrage gewonnen werden können ⁽¹²⁾.

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.

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
- 👉 2. **Vorgehensweise und Methodik der Studie**
3. Digitalisierungstrends im Produkt
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

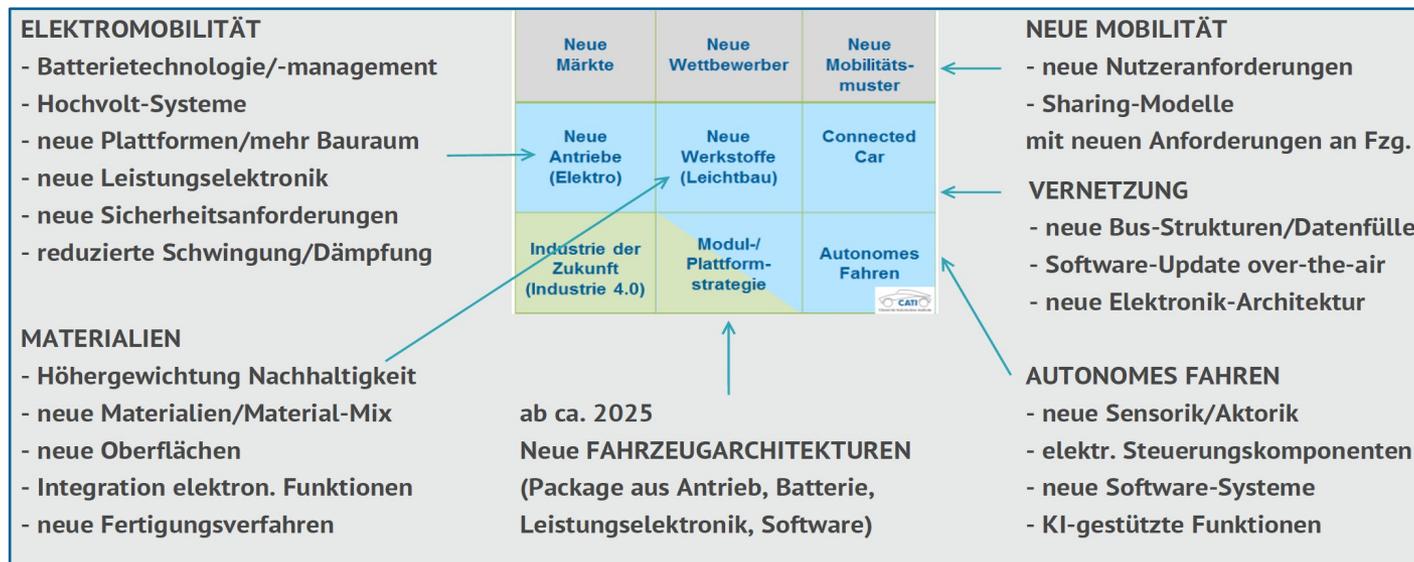
Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

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 ‚Einfallstore‘ für die notwendige Digitalisierung des Produkts.

Abb. 2 Trends ‚Zukunft Automobil‘



Diese produktbasierten Digitalisierungstrends betreffen **alle Produktbereiche** (Fahrwerk – Antrieb – Karosse/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:

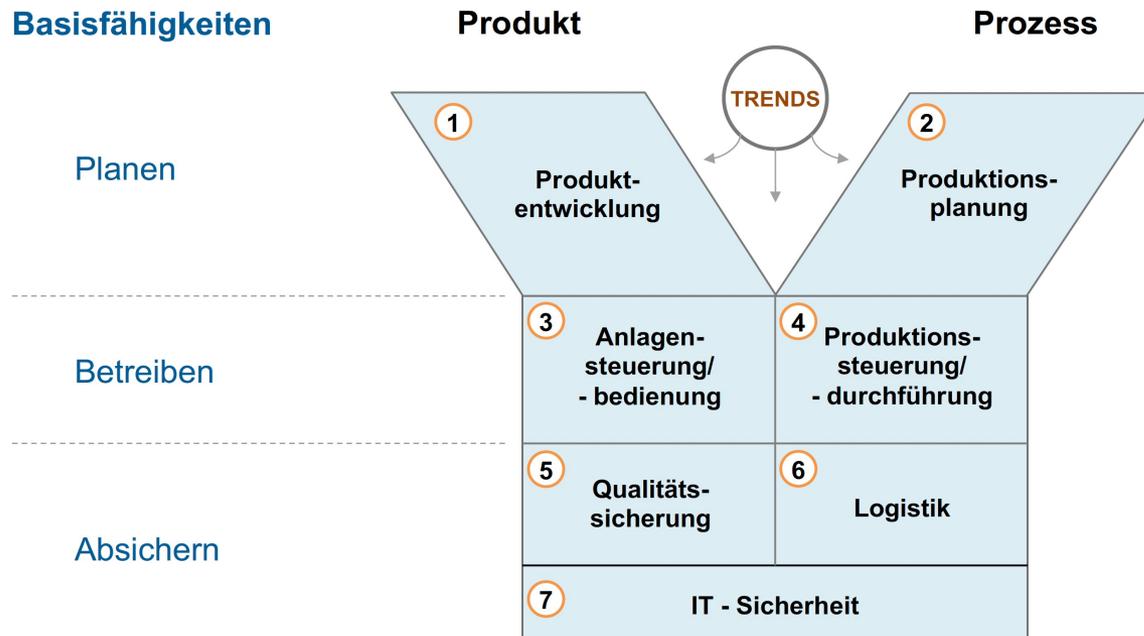
- Grundlage unserer produktbasierten Analysen sind die Wertschöpfungsveränderungen auf dem Weg zu einer neuen Generation elektrischer Fahrzeuge, die auf Basis von **ca. 300 Teilen/Teilegruppen** am Beispiel von Referenzmodellen im Volumensegment untersucht wurden.
- Im Ergebnis wurden je Produktbereich **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 ⁽¹³⁾.

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 **7stufiges prozessorientiertes Analysemodell** verwendet, das die Verknüpfung von Produkt und Prozesse gewährleistet und zugleich die Clusterung nach Basisfähigkeiten ermöglicht. Dabei wird die automobiler Wertschöpfung von der Produktplanung bis zur qualitätsgerechten Produkterstellung unter Einschluss unterstützender Prozesse betrachtet.

Abb. 3 Analysemodell digitaler Kompetenzanforderungen



Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
- ☞ 3. Digitalisierungstrends im Produkt
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

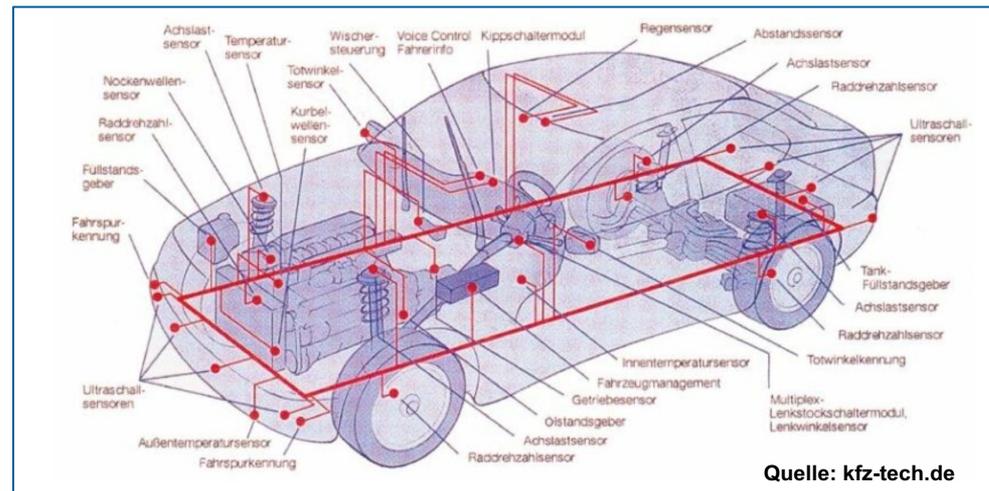
Die Informationstechnologie ist schon seit mehreren Fahrzeuggenerationen der entscheidende **Innovationstreiber im Fahrzeug**. Die seit den 1990er Jahren im Automobil erreichten technologischen Fortschritte bei Fahreigenschaften, Leistungs- und Verbrauchsparametern, Sicherheits- und Komfortsystemen, Fahrerassistenz-Funktionen, Infotainment-Angeboten u.v.m. sind zu einem überragenden Anteil durch die im Fahrzeug integrierte Informationstechnologie möglich geworden. „**90 Prozent der automobilen Innovation entfallen auf Elektronik und Software**“ – so das Ergebnis einer inzwischen schon Jahre zurückliegenden Technologie- und Innovationsstudie (14).

Im Ergebnis dieser Entwicklung sind bereits heutige Fahrzeuge zu rollenden Computern geworden, ausgestattet mit 70 bis >100 dezentralen Steuergeräten und Bordnetzen mit kilometerlangen Kabeln zur Verbindung zwischen Signalgebern, Aktoren, Anzeige- und Bedienelementen.

Rund 100 Sensoren erfassen eine Vielzahl von physikalischen Eingangsgrößen und wandeln diese in analoge Signale oder digitale Codes um. Die im Fahrzeug benötigten Software-Programme beinhalten heute schon eine Größenordnung von unvorstellbaren 100 Millionen von Programmzeilen (lines of code) (15).

Im Ergebnis dieser Entwicklung ist eine CarIT von außerordentlicher Komplexität entstanden.

Abb. 4 Sensoren im Auto



Durch die fortschreitende Umsetzung der CASE-Strategie (connected, autonomous, shared & services, electric) erfährt die Digitalisierung im Produkt künftig ein **exponentielles Wachstum**, mit der Folge, dass in kommenden Fahrzeuggenerationen **neue Fahrzeug- und IT-Architekturen** erforderlich werden.

Durch die **Elektromobilität** entfallen bei voll-elektrischen Autos im Produktbereich Antrieb zwei Drittel der Teile, die heute in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verbaut sind. Mit den Neuteilen Batterie und Elektromotor sind allerdings weitreichende Änderungen im Produktbereich Elektrik/Elektronik verbunden (Hochvolt-Bordnetze, Leistungselektronik, Sensorik und Steuergeräte für Motor-, Batterie-, Getriebe-, Thermo- und Lademanagement). Der Software-Anteil im Fahrzeug steigt weiter an (z.B. durch neue Steuerungstechnik/Bussysteme, Fahrzeugdiagnose, erweiterte Assistenzfunktionen u.a.).

Ein ungleich intensiverer Digitalisierungsschub geht mit der **Vernetzung der Fahrzeuge** (connected cars) einher, die perspektivisch die Kommunikation des Fahrzeugs mit anderen Fahrzeugen sowie der Umgebung vernetzt (car-to-x Kommunikation). Dabei werden Daten und Informationen in Echtzeit ausgetauscht, die z.B. als Gefahrenmelder oder zur intelligenten Verkehrssteuerung dienen, die Parkplatzsuche erleichtern und eine neue Welt digitaler Services für Fahrer und Passagiere im Fahrzeug ermöglichen (Mobile office, Mobile streaming, Buchungsservices und in-car-shopping, Fahrerprofile/Automotive Health, Fahrzeug- und Mobilitätsservices, Kopplung mit Leitsystemen und Remote Control für das Smart Home u.v.m.).

Software-Updates ,over the air' erfolgen dabei losgelöst vom Innovationszyklus des Fahrzeugs und ermöglichen zudem die temporäre Zubuchung von Fahrzeugausstattungen (functions on demand).

Hoch- und vollautomatisierte bis fahrerlose Fahrzeuge setzen nicht nur connected cars zwingend

voraus, sondern bringen weitere Digitalisierungsimpulse mit sich. Mit dem Automatisierungsgrad wächst die Ausstattung der Fahrzeuge mit Sensorik, Kamerasystemen, Radar/Lidar und nimmt die Anzahl der Automatisierungs- und Assistenzfunktionen stetig zu (z.B. mechatronische Komponenten im Fahrwerk, digitale Fahr- und Lenksysteme ‚drive-by-wire‘). Das im Fahrzeug zu verarbeitende Datenvolumen mit entsprechender IT-Sicherheit und das Ausmaß softwarebasierter Steuerungsfunktionalitäten katapultiert das Auto zu einem ‚**digital device**‘ mit **erheblicher Rechenpower und Vernetzungsinfrastruktur an Bord** ⁽¹⁶⁾.

Shared Mobility in ihren unterschiedlichen Ausprägungen (stationsunabhängiges Carsharing oder Ride Hailing, Ride Pooling u.a.) ist ohne Digitalisierung undenkbar. Neben **digitalen Services für eine ‚mobility on demand‘** werden heute schon z.B. beim Free-Floating Carsharing zur Steuerung 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 ⁽¹⁷⁾. 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

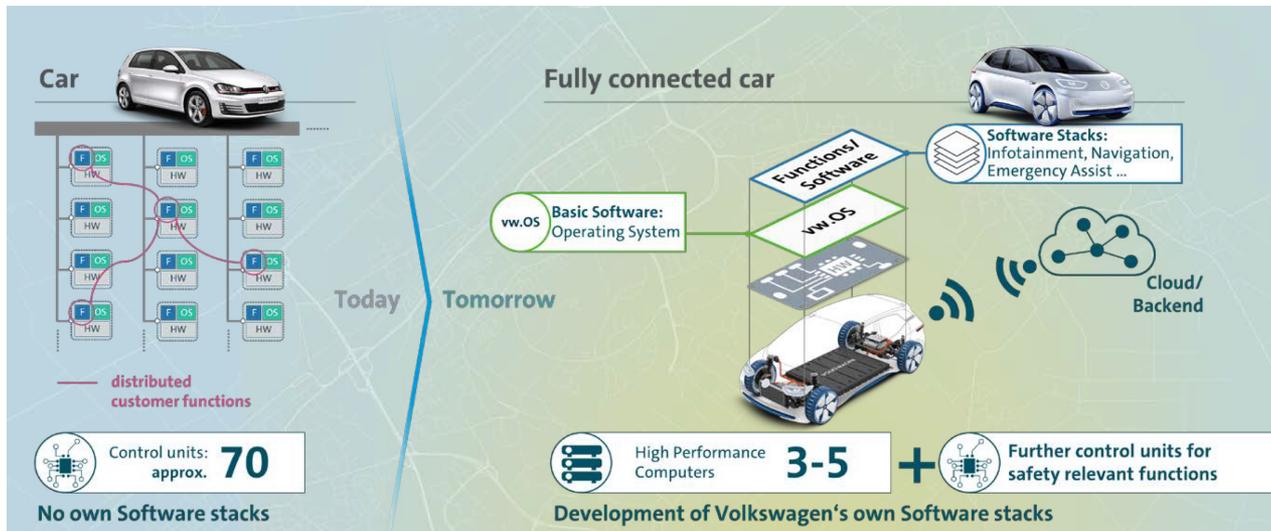
- von immensen Datenvolumina (big data) in Echtzeit
- der neuen Welt der car-to-x Kommunikation
- der wachsenden Anzahl von Steuerungs-, Automatisierungs- und Assistenzfunktionen

1.3. Digitalisierungstrends im Produkt

- 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 voll-elektrischer Fahrzeuge bereits begonnen hat, verlassen die bisherige Struktur mit dezentralen Steuergeräte-Inseln und setzen stattdessen auf einige **wenige zentrale Hochleistungsrechner** im Fahrzeug und einer steigenden Nutzung von **Cloud-Ressourcen** wie nachstehende Abbildung am Beispiel von Volkswagen zeigt ⁽¹⁸⁾. Fahrzeugintern erfolgt die Kommunikation z.B. mittels schneller Ethernet-Technologien, extern durch schnelle 5G Kommunikationsstandards.

Abb. 5 IT-Architekturen im Auto



Quelle: Volkswagen

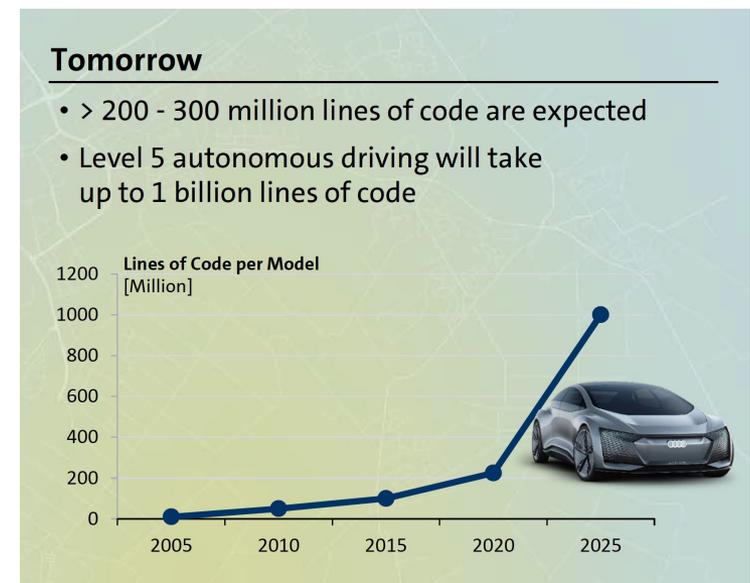
I.3. Digitalisierungstrends im Produkt

Da der Software-Anteil im Fahrzeug zum einen quantitativ ins Unermessliche steigt (bis zu 1 Mrd. Codes of line bei autonomen Fahrzeugen) ⁽¹⁹⁾ und zum andern Software Updates over-the-air erfolgen, sind auch **neue Software-Plattformen** im Fahrzeug erforderlich. Diese beinhaltet – 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 ⁽²⁰⁾.

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 ⁽²¹⁾.

Abb. 6 Anstieg des Software-Umfangs im Auto



Quelle: Volkswagen
auf Basis IEEE

I.3. Digitalisierungstrends im Produkt

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

Tab. 1 Digitalisierungstrends im Produkt auf Komponentenebene

Produktbereich	Ausprägungen auf Komponentenebene (Beispiele)
Fahrwerk	<ul style="list-style-type: none">• Integration von Sensoren• drive-by-wire Komponenten• Felgen mit Insert-Aktoren
Antrieb	<ul style="list-style-type: none">• Batterie/Elektromotor mit entspr. Batterie-/Motor-/Getriebe-/Lade- und Thermomanagement• Hochvoltsysteme und Leistungselektronik mit neuen Funktionalitäten• low energy Funknetze• gedruckte Sensorleitungen
Karosserie/Exterieur	<ul style="list-style-type: none">• Sensorintegration in Bauteilen (Überwachung des Werkstoffverhaltens)• optoelektronische Sensoren• Umfeldsensorik und Integration Kameras, Radar/Lidar• intelligente Beleuchtungselemente
Interieur	<ul style="list-style-type: none">• funktionale Oberflächen• HMI-Bedienelemente• Displays als Schaltzentrale für diverse digitale Services• Head-Up-Displays mit Augmented Reality aus der Navigation• Innenraumsensorik• Flächenheizung/-kühlung mit zonenorientierter Steuerung

I.3. Digitalisierungstrends im Produkt

Produktbereich	Ausprägungen auf Komponentenebene (Beispiele)
Elektrik/Elektronik	<ul style="list-style-type: none">• Fahrzeug Bussysteme (LIN-, CAN-, Flexray-Busse)• Last- und Spannungsmanagement• Energiemanagement incl. Steuerung Rekuperation• zentrische und zonenorientierte E/E-Architektur• Prozessinformationen und Zustandsdiagnose• dynamische Fahrgastinformationen• embedded systems mit neuer Architektur
Software	<ul style="list-style-type: none">• Sensor Fusion Architekturen• Integration der Software-Umgebung von mobile devices• Programmierung verteilter E/E-Architekturen• ADAS Software Programmierung• Machine Learning Programmierung• Kommunikationsschnittstellen• Integration Cloud Services• Absicherung OTA Software-Updates

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 ⁽²²⁾.

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
3. Digitalisierungstrends im Produkt
- 👉 4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

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 7stufigen 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 ⁽²³⁾. 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
- Software-gestützte 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 Software-gestützten 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 Datenanalysen und Künstlicher Intelligenz steigt auch die Bedeutung von **Cybersicherheit**. Und hier bestehen noch bei nahezu 75 % der Unternehmen große Defizite ⁽²⁴⁾.

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“* ⁽²⁵⁾.

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 ⁽²⁶⁾ 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 Laser-scanning** als innovativer Erfassungstechnologie
- Erzeugung digitale 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
- ‚Begehbarkeit‘ 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 Steuerungsaufgabe 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 ⁽²⁷⁾, 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

- **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, 3 D 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 Erkennung 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 zunehmenden 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 Hand-scannern) 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 ⁽²⁸⁾.

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.

I.4. Digitalisierungstrends im Wertschöpfungsprozess

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 1x in einem ausgewählten Wertschöpfungscluster genannt, um allzu häufige Mehrfachnennungen zu vermeiden.

Tab. 2 Digitalisierungstrends im Wertschöpfungsprozess Automobil

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
Produktentwicklung	<ul style="list-style-type: none">• digitale Bilderkennung/-verarbeitung durch Computer Vision Systeme für die Umwandlung physischer Objekte in verarbeitbare Datenmodelle• Datenanalyse aus der Erprobungs- und Nutzungsphase von Bauteilen/ Komponenten durch Advanced Analytics Systeme• virtuelle Produktentwicklung durch digitale Versuchsmodelle (Digital Mock-ups) zur Produktprüfung durch Computersimulation• 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)• 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)
Produktionsplanung	<ul style="list-style-type: none">• Asset-Management zur Datenverwaltung aller Planungsobjekte über den gesamten Lebenszyklus

I.4. Digitalisierungstrends im Wertschöpfungsprozess

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
Produktionsplanung	<ul style="list-style-type: none">• 3D Laserscanning zur Datenaufnahme von Bestandsgebäuden, Ausrüstungen und Produktionsmitteln• digital twins und digitale Zwillinge als digitale Abbilder von Realität und zur Rückkopplung von realen Daten in das digitale Abbild• 3D Modellierung und 3D Simulation zur Prozess- und Materialfluss-Simulation• thermische und Strömungssimulation bei Hochvolt-Systemen• virtuelles Engineering zur virtuellen Absicherung und virtuellen Inbetriebnahme• Nutzung von digitalen Menschmodellen zur ergonomischen Prozess- und Arbeitsplatzgestaltung• Data Mining zur Auswertung großer komplexer Datensätze• Schnittstellen zum Datenaustausch mit angrenzenden digitalen Planungswerkzeugen wie z.B. Building Information Modeling
Anlagensteuerung/-bedienung	<ul style="list-style-type: none">• M2M-Kommunikation zum automatisierten Informationsaustausch zwischen Maschinen/Anlagen• Nutzung von internetbasierten Netzwerken (Internet of things) und Plattformen• automatisierte Teilezuführung durch Lokalisierungssysteme/Auto Ident bzw. Pick-and-Place-Roboter• Mensch-Roboter-Kollaborationen (MRK) an ausgewählten Arbeitsplätzen• digitale Übertragung von Maschinendaten an die Smart Wearables der zuständigen Mitarbeiter• predictive maintenance durch Nutzung digitaler Mess- und Prozessdaten• Zugriff auf diese Daten auch durch Telemetriesysteme für die Fernwartung

I.4. Digitalisierungstrends im Wertschöpfungsprozess

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
Produktionssteuerung/ -durchführung	<ul style="list-style-type: none">• vorgelagerte digitalisierte Materialverfügbarkeitsprüfung durch Verwendung digitaler Tools zum Abgleich von Auftrags-, Produktions- und Logistikdaten• Echtzeit-Visualisierung und rollenbezogene Bereitstellung entsprechender Dashboards für unterschiedliche Akteure• virtueller Leitstand als übergeordnetes Kontrollzentrum und Nutzung von KI-basierten Informationssystemen• digitales Shopfloor-Management mit Bereitstellung von Assistenzsystemen für Mitarbeiter• cloudbasierte Zusammenführung und Speicherung der benötigten Datenmengen• durchgängige digitale Prozessdokumentation von Einzelprozessen zur Rückverfolgbarkeit und zur Prozessoptimierung
Qualitätssicherung	<ul style="list-style-type: none">• Einsatz von Data Analytics in der Qualitätsvorausplanung• Design Review als Quality Gate in der Produktentwicklung• digitales Informationssystem zum Product Life Management• Digital FMEA in der Produktionsplanung zur frühzeitigen Erkennung von Qualitätsrisiken• automatisierte Überwachung qualitätsrelevanter Produktionsparameter als Bestandteil eines Predictive Quality Management• Erfassung von Prozessdaten durch Smart Sensors• Nutzung von Auto Ident Systemen bei Prüfteilen• visuelle und automatische Prüfung und Auswertung durch Computer Vision• kryptographische Verfahren und Blockchain Technologien zum Austausch von Qualitätsdaten in der Wertschöpfungskette• On-Board-Diagnose zur automatischen Fehlerkontrolle im Fahrzeug

I.4. Digitalisierungstrends im Wertschöpfungsprozess

Wertschöpfungscluster	Digitalisierungstechnologien/Anwendungsbeispiele
Logistik	<ul style="list-style-type: none">• Ident-Technologien im Wareneingang für die (halb)automatische Erfassung des eingehenden Materials• digitale Tools zur optimierten Lagerplatzzuweisung incl. Wegeoptimierung• innovative Staplersteuerung mit Sensorik und Laserlokalisierung• fahrerlose Gabelstapler für ausgewählte Teilprozesse• Nutzung von mobilen Robotern und Drohnen für eine digitale Inventur• Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen, perspektivisch auch von autonomen digitalen FTS• Robotik in der Verpackungslogistik• Tracking and Tracing Technologien z.B. beim Behältermanagement• übergreifende cloudbasierte IT-Architekturen und Nutzung von Data Analytics/KI zur Auswertung der Datenfülle in Echtzeit und zur Prozessoptimierung
IT-Sicherheit	<p>Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Erfüllung von Sicherheitszertifikaten und Standardisierungsvorgaben• Monitoring mit Risiko- und Schwachstellenanalyse im laufenden Betrieb• branchenweite Anforderungen für Datenaustausch• Automotive Cyber Security

- 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 **Prozesseite** 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**.

Teil II

Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
3. Digitalisierungstrends im Produkt
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. **Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung**
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

Die Analyse der Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in Thüringer Zulieferunternehmen der automobilen Wertschöpfungskette stützt sich auf zwei Analyse-Module:

1. Den Ergebnissen einer **Online-Befragung zur Digitalisierung bei Thüringer Automobilzulieferern**, die im Rahmen dieser Studie im März 2023 vom Netzwerk automotive thüringen durchgeführt wurde. Eine speziell an die Automobilzulieferindustrie der Region adressierte Befragung zu dieser Thematik liegt bislang nicht vor.
Auf der einen Seite beinhalten die regelmäßigen Befragungen von thüringischen Automobilzulieferern aufgrund anderer Prioritäten das Thema Digitalisierung nicht oder nur sehr rudimentär. Auf der anderen Seite lassen regelmäßige Befragungen zur Digitalisierung von Unternehmen aus einem breit gestreuten Unternehmenssample (Verarbeitendes Gewerbe, Dienstleistungssektor, Bau und Handwerk) keine auf die Digitalisierung in der Thüringer Automobilzulieferindustrie zugeschnittenen Aussagen zu.
2. Den Ergebnissen einer **Datenanalyse unternehmensbezogener Daten** zum Produktportfolio und den damit verbundenen Wertschöpfungsprozessen in Thüringer Zulieferunternehmen, die CATI aus mehreren Analysen zum Branchenmonitoring der Thüringer Automobilzulieferindustrie vorliegen.

Während sich aus der Online-Befragung erste Hinweise zum **digitalen Reifegrad** Thüringer Automobilzulieferer ableiten lassen, ergeben sich aus der Datenanalyse **produkt- und unternehmensbasierte Bedarfsschwerpunkte**, mit denen die Zulieferunternehmen zunehmend konfrontiert werden. Beides bildet die Basis für eine anforderungs- und zukunftsorientierte Kompetenzentwicklung (Teil III).

II.1. Stand der Digitalisierung in Thüringen - Ergebnisse einer Online-Befragung

Vorliegende Befragungen wie der ZeTT-Radar ⁽²⁹⁾ basieren auf einem Unternehmenssample, in dem Industrieunternehmen nur ein Drittel der befragten Unternehmen repräsentieren (mit Schwerpunkt in der Metallherzeugung und -bearbeitung, dem Maschinenbau und der Kunststoffindustrie) und in dem 70 % dieser Unternehmen <50 Mitarbeiter aufweisen. Sie sind daher für eine Analyse der Digitalisierung in der Automobilzulieferindustrie nur bedingt nutzbar.

Zwei Ergebnisse des jüngsten ZeTT-Radars sind jedoch auch im Kontext dieser Studie zu erwähnen:

- Thüringer Unternehmen nehmen insgesamt einen **möglichen „Rückstand bei der Digitalisierung“ gegenwärtig kaum als unternehmerischen Risikofaktor** wahr. Dieses Ergebnis ist angesichts der Fülle anderer existenzgefährdender Risiken, mit denen die Unternehmen konfrontiert sind, durchaus nachvollziehbar. Sie sind allerdings kein Indiz für einen bereits erreichten hohen Digitalisierungsgrad, sondern eher ein Alarmsignal.
- Diese Bewertung wird aus unserer Sicht noch dadurch unterstützt, dass sich bei den beteiligten **Industrieunternehmen die Bereitschaft zu Digitalisierungsvorhaben seit 2020 deutlich abgeschwächt** hat. Danach ist der Anteil der Industrieunternehmen mit “eher gesteigerten“ Digital-Investitionen im Zeitraum IV.Q. 2020 – IV.Q. 2022 von 44 % auf 26 % abgesunken und der Anteil mit „verringerten“ Digital-Investitionen von 6 % auf 15 % angestiegen. Etwa 60 % der Unternehmen haben ihre Digital-Investitionen auf einem unveränderten Level belassen ⁽³⁰⁾.

Im Rahmen einer auf **Unternehmen der Thüringen Automobilzulieferindustrie** (incl. relevanter Vorleistungsbranchen) zugeschnittenen Befragung wurde die Betroffenheit der Unternehmen durch die branchenprägenden Megatrends thematisiert. Auch hier ist festzustellen, dass der **Trend zur zunehmenden Digitalisierung in der Automobilindustrie als weniger akute Herausforderung an-**

II.1. Stand der Digitalisierung in Thüringen - Ergebnisse einer Online-Befragung

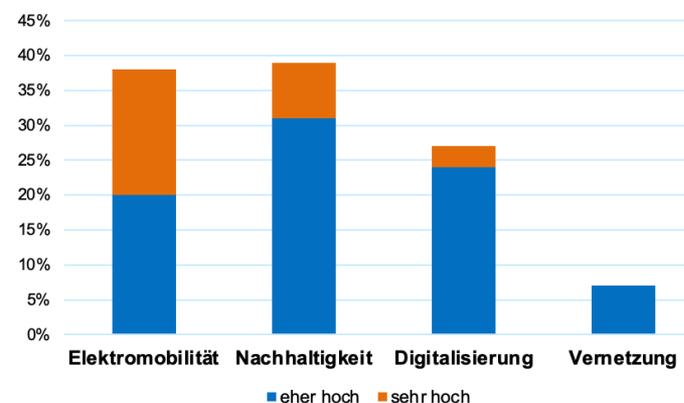
gesehen wird – in deutlicher Untergewichtung im Vergleich zu den Herausforderungen der Nachhaltigkeit und der Elektromobilität ⁽³¹⁾.

Diese Ergebnisse basieren auf Rückmeldungen aus 102 Unternehmen mit einer Gesamtbeschäftigtenzahl von 16.700 (2022), die in diversen Wirtschaftszweigen tätig sind, dabei aber über einen durchschnittlichen Automotive-Anteil von ca. 50 % verfügen. Neben der Automobilindustrie im engeren Sinne sind in diesem Branchenspektrum insb. die Metallindustrie, die Kunststoffverarbeitung, die Herstellung elektronischer und optischer Geräte sowie der Maschinenbau vertreten.

Diese bei Unternehmen mit automobilener Wertschöpfung festgestellte Bewertung war Anlass, im Rahmen dieser Studie eine Befragung durchzuführen, die ausschließlich der ‚Digitalisierung in der Automobilzulieferindustrie‘ gewidmet ist.

Von den durch automotive thüringen befragten 190 Unternehmen haben sich daran **80 Unternehmen mit einer Gesamtbeschäftigtenzahl von 11.500 (2022)** beteiligt. Zwei Drittel davon sind Zulieferunternehmen, ein Drittel Anlagen- und Maschinenhersteller und ein weiteres Drittel Industrie- und FuE-Dienstleister. Das **Segment der kleinen und mittleren Unternehmen (bis 250 Beschäftigte) ist mit einem Anteil von 70 % repräsentativ vertreten** (45 % mit <50 Beschäftigte).

Abb. 7 Betroffenheit Thüringer Unternehmen durch Megatrends
(Anteil der Unternehmen mit Bewertung ‚sehr hoch‘ bzw. ‚eher hoch‘)



II.1. Stand der Digitalisierung in Thüringen - Ergebnisse einer Online-Befragung

Die Befragung erfolgte mit dem **Befragungstool Survey Monkey**, das den befragten Unternehmen aus anderen Umfragen von automotive thüringen bereits bekannt war. Bei der Umsetzung wurden wesentliche **ADM Standards zur Qualitätssicherung für Online-Befragungen** berücksichtigt ⁽³²⁾, wie z.B.

- ansprechendes Design mit eigenem Logo als wiederkehrendem Erkennungszeichen
- hohe Benutzerfreundlichkeit
- wenige, prägnante Fragen (insg. 12 Sachfragen)
- einfache und eindeutige Formulierung der Fragen
- kurze Beantwortungszeit (< 5 min.)
- responsive design zur Nutzung auf unterschiedlichen Endgeräten
- Umfrageverwaltung incl. Echtzeit-Monitoring
- Ausschluss von Mehrfach-Teilnahmen
- Anonymität der Befragung
- SSL-Verschlüsselung
- integrierte Analyse-Möglichkeiten und Standardberichte

u.a.

Die nachfolgenden **Dashboards zu den Befragungsergebnissen** folgen nahezu durchgängig der Fragenabfolge im Fragebogen, so dass hierdurch auch die Logik und Systematik der Befragung transparent wird.

Basisdaten zur Online-Umfrage



80 Unternehmen



Unternehmensgröße
44 % bis 50 Beschäftigte
31 % bis 250 Beschäftigte
25 % > 250 Beschäftigte

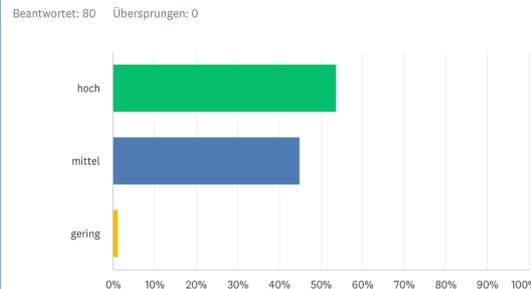


Wertschöpfungsbeitrag
67 % Zulieferer
14 % Engineering/F+E
11 % Industriedienstleister
8 % Anlagen/Maschinen



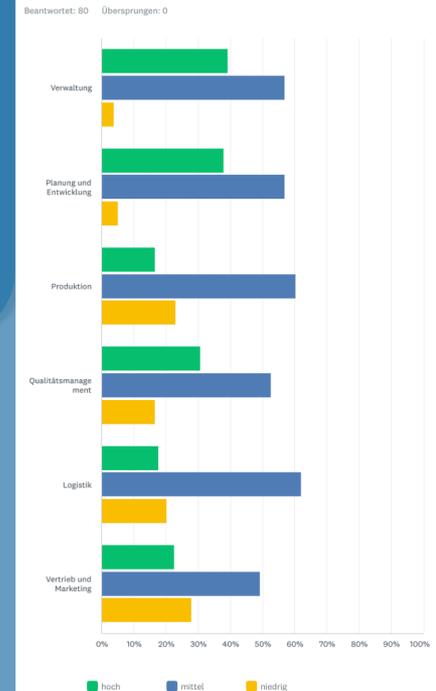
11.500 Beschäftigte

Welche Bedeutung hat die Digitalisierung für Ihr Unternehmen?



Frage 1

Wie ist der Status der Digitalisierung in ausgewählten Geschäftsbereichen Ihres Unternehmens?

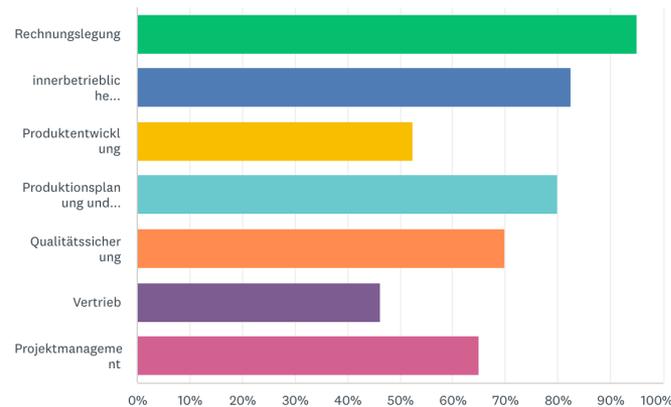


Frage 2

Ohne eine vergleichende Gewichtung mit anderen unternehmerischen Herausforderungen oder automobilen Megatrends (s. Abb. 7) wird die Bedeutung der Digitalisierung überwiegend als ‚hoch‘ eingestuft. Bei der Konkretisierung nach Geschäftsbereichen relativiert sich dieses Ergebnis jedoch sehr stark – hier befindet sich das **Digitalisierungslevel in allen Geschäftsbereichen auf mittlerem Niveau**. Spitzenreiter sind die Geschäftsbereiche Verwaltung und Planung/Entwicklung.

Welche Geschäftsprozesse werden digital unterstützt?
(Mehrfachnennung möglich)

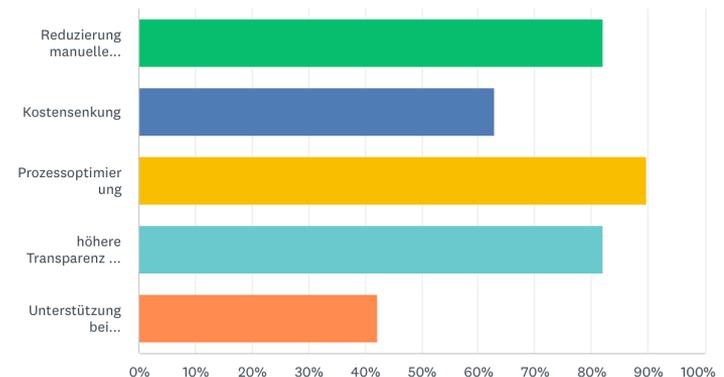
Beantwortet: 80 Übersprungen: 0



Frage 3

Welche Ziele werden durch Digitalisierung verfolgt?
(Mehrfachnennung möglich)

Beantwortet: 78 Übersprungen: 2

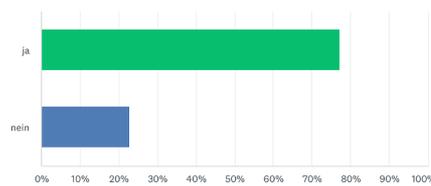


Frage 4

Dies bestätigt sich auch in der Bewertung nach einzelnen Geschäftsprozessen. Nach Angaben der Unternehmen weisen die **Rechnungslegung, die innerbetriebliche Kommunikation/Organisation sowie die Produktionsplanung und -steuerung** das vergleichsweise höchste Digitalisierungslevel auf. Hierzu passen auch die dominierenden Ziele der Digitalisierung: **Prozessoptimierung, Reduzierung manueller Tätigkeiten und höhere Transparenz der Abläufe**. Demgegenüber hat die Digitalisierung als Unterstützung bei Entscheidungen eine eher nachgeordnete Bedeutung.

Werden entlang der innerbetrieblichen Wertschöpfung Daten digital erfasst und ausgewertet?

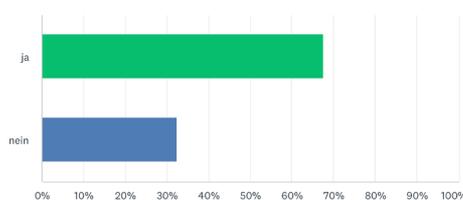
Beantwortet: 79 Übersprungen: 1



Frage 5

Werden Daten mit externen Partnern (Kunden, Lieferanten) digital ausgetauscht?

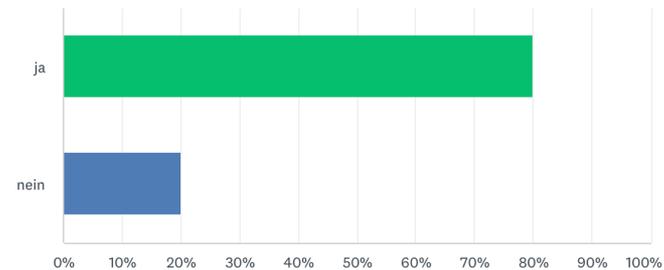
Beantwortet: 80 Übersprungen: 0



Frage 6

Plant Ihr Unternehmen mittelfristig Projekte zur Erhöhung des Digitalisierungsgrades?

Beantwortet: 80 Übersprungen: 0

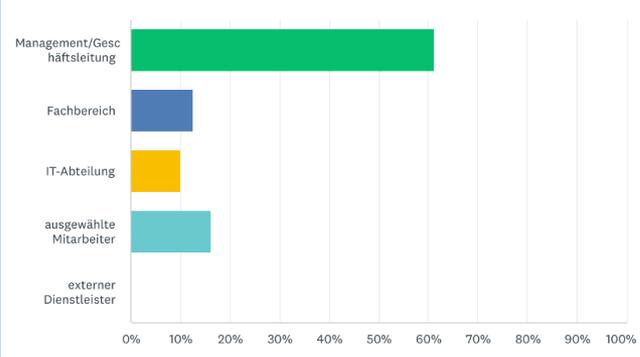


Frage 7

Da in den Antworten zu den Fragen 2 und 3 **eher wertschöpfungsflankierende Digitalisierungsmaßnahmen** genannt werden, kann das Antwortmuster zur digitalen Erfassung und Auswertung von Daten entlang der innerbetrieblichen Wertschöpfung nicht überzeugen. Hier wären weitere Vertiefungen nach der Datenerfassung, den Erfassungstechnologien und dem durchgängigen Datenmanagement zwingend erforderlich. Gleiches gilt auch für den Datenaustausch mit externen Partnern.

Wer ist in Ihrem Unternehmen für die Initiierung und Koordination von Digitalisierungsprojekten verantwortlich?

Beantwortet: 80 Übersprungen: 0

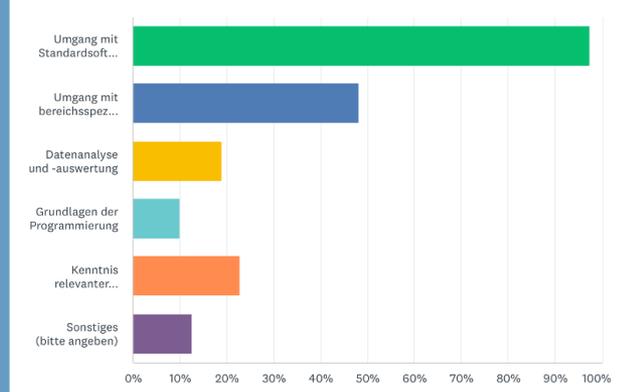


Frage 8

Frage 11

Welche digitalen Fähigkeiten setzen Sie bei Neueinstellungen von Mitarbeitern voraus?

Beantwortet: 79 Übersprungen: 1



Sehr erfreulich ist die Botschaft, dass **80 % der Unternehmen beabsichtigen, mittelfristig ihren Digitalisierungsgrad zu erhöhen** (Frage 7). Dies ist nicht mehr als ein Trendsignal, das durch Gespräche mit den beteiligten Akteuren weiter konkretisiert werden sollte, um Schwerpunkte und Umfang dieser Vorhaben einordnen zu können. Wesentlich ist zudem, dass gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen die **Initiierung und Koordination von Digitalisierungsvorhaben weit überwiegend ‚Chiefsache‘** ist. Ausgewählte Mitarbeiter und betroffene Fachbereiche werden nur in sehr begrenztem Umfang mit dieser Aufgabe betraut (Frage 8).

II.1. Stand der Digitalisierung in Thüringen - Ergebnisse einer Online-Befragung

Diese Sachlage wirft die Frage nach der **digitalen Kompetenz der Belegschaften und deren Veränderung** auf. Eine Weiterentwicklung dieser Kompetenzen könnte auf der einen Seite durch entsprechende Anforderungen bei Neueinstellungen erfolgen, auf der anderen Seite durch entsprechende flankierende Qualifizierungsmaßnahmen auch des Bestandspersonals. Für beide Lösungswege existieren gegenwärtig herausfordernde Rahmenbedingungen (mangelnde Personalverfügbarkeit, wirtschaftliche Situation zahlreicher Zulieferunternehmen u.a.).

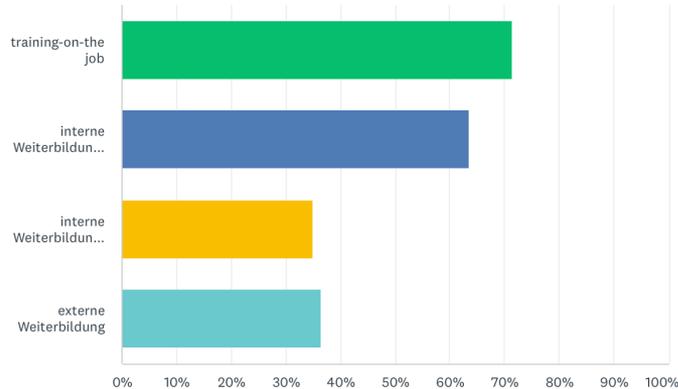
Bei **Neueinstellungen** erstrecken sich nach Angaben der Unternehmen die Anforderungen weit überwiegend auf Anwendungskompetenzen: die Kenntnis von Standardsoftware/MS Office, und mit deutlichem Abstand gefolgt vom Umgang mit bereichsspezifischen Software-Umgebungen (z.B. Finanz-, Produktions- und Logistiksysteme). Digitale Fachkompetenzen (Data Management, Grundlagen der Programmierung, IT-Security-Standards) werden wenig gefordert.

Bei der (Weiter-)Entwicklung digitaler Kompetenzen **dominieren als Qualifizierungsmaßnahmen diverse Formate der internen Weiterbildung** (s. nachstehendes Dashboard zur Frage 9). Von größter Bedeutung sind dabei das Training-on-the-job sowie die interne Weiterbildung durch eigenes Personal (blauer Balken). Die interne Weiterbildung durch externe Fachleute (gelber Balken) und **Maßnahmen der externen Weiterbildung sind nur bei einem Drittel der befragten Unternehmen von Bedeutung.**

Fast der identische Prozentsatz der befragten Unternehmen (ca. 30 %) bestätigt, dass es keine expliziten Hinderungsgründe für die Inanspruchnahme externer Weiterbildungsangebote gibt (Frage 10).

Wie werden Ihre Mitarbeiter für die fortschreitende Digitalisierung fit gemacht?

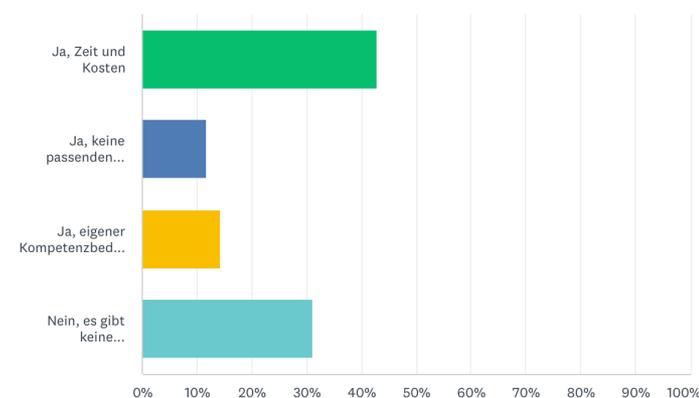
Beantwortet: 77 Übersprungen: 3



Frage 9

Gibt es Hinderungsgründe für die Inanspruchnahme von (externen) Weiterbildungsangeboten?

Beantwortet: 77 Übersprungen: 3



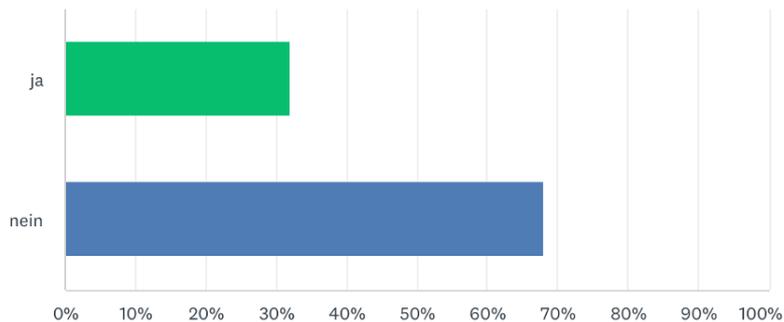
Frage 10

Als wesentlichster Hinderungsgrund wird – passend zu den gegenwärtigen Rahmenbedingungen – der Faktor ‚**Zeit und Kosten**‘ genannt. Ob eine Entlastung bei den Qualifizierungskosten die Weiterbildungsbereitschaft erhöhen könnte, müsste ebenfalls in weiterführenden Gesprächen mit den betrieblichen Akteuren vertieft werden.

Etwa 15 % der befragten Unternehmen weisen überdies darauf hin, dass der **eigene Kompetenzentwicklungsbedarf noch zu unscharf** ist. Den **Mangel an geeigneten Angeboten** heben 10 % der Unternehmen als wichtigen Hinderungsgrund hervor..

Beschäftigt sich Ihr Unternehmen mit digitalen Geschäftsmodellen und digitalen Services?

Beantwortet: 78 Übersprungen: 2



Frage 12

Bleibt ein letzter Blick in die Zukunft - der auf den digitalen Kompetenzentwicklungsbedarf der Unternehmen selbst. Auch in der automobilen Welt gewinnen digitale Geschäftsmodelle und digitale Services rasant an Bedeutung. Dies reicht von der Produktentwicklung bis zur Nutzungsphase der Fahrzeuge über den gesamten Lebenszyklus.

Obgleich in Abhängigkeit vom jeweiligen Leistungsportfolio die Unternehmen dafür unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen, ist doch bemerkenswert, dass sich **nahezu 70 % der befragten Unternehmen (noch) nicht mit digitalen Geschäftsmodellen und digitalen Services** beschäftigen.

II.1. Stand der Digitalisierung in Thüringen - Ergebnisse einer Online-Befragung

Insgesamt konnten durch die Online-Befragung einige Ergebnisse gewonnen werden, die die Schlussfolgerung nahelegen, dass

- die **Mehrzahl der befragten Unternehmen die Notwendigkeit zur digitalen Transformation erkannt hat,**
- die **Umsetzung sich allerdings vielfach noch auf einem erst mittleren Digitalisierungslevel befindet.**

Wie auch in anderen Befragungen mehrfach festgestellt, dürften hierbei erhebliche Abstufungen in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße und dem Produktbereich vorliegen.

Im Vordergrund der Digitalisierung bei Thüringer Automobilzulieferern stehen die unternehmensinternen Prozesse, um dadurch Prozessoptimierung, Reduzierung manueller Tätigkeiten und höhere Transparenz der Abläufe zu erreichen. Hierbei ist allerdings eine **Fokussierung auf wertschöpfungsflankierende Maßnahmen** festzustellen, während sich **der erreichte Digitalisierungsstand im eigentlichen Produktionsprozess noch auf einem vergleichsweise geringen Level** bewegt. Das Digitalisierungslevel in der Produktion, das über die integrierte Maschinensteuerung und Produktionsteuerungssysteme (ERP) hinausgeht und den Wertschöpfungsprozess durchgängig abbildet, wird nur bei < 20 % der befragten Unternehmen mit ‚hoch‘ bewertet. Hier besteht offensichtlich noch erheblicher Handlungsbedarf ⁽³³⁾.

Die digitale Transformation von Unternehmen setzt die Weiterentwicklung der **digitalen Kompetenz der Belegschaften** voraus. Die Befragungsergebnisse lassen erkennen, dass auch in diesem Handlungsfeld der Digitalisierung **noch deutlicher Handlungsbedarf in der Thüringer Automobilzulieferindustrie besteht.**

II.1. Stand der Digitalisierung in Thüringen - Ergebnisse einer Online-Befragung

- Bei Neueinstellungen sind überwiegend **digitale Anwendungskompetenzen** gefordert, die sich in hohem Maße auf den Umgang mit Standard-Software (MS Office) beschränken.
- **Digitale Fachkompetenzen** (Datenmanagement, Programmierung) sind in der Anforderungsstruktur der Unternehmen erkennbar unterrepräsentiert. Dies könnte die zeitnahe Umsetzung der von den Unternehmen beabsichtigten Digitalisierungsoffensive deutlich erschweren.

Die durchgängige vernetzte Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen sowie die Weiterentwicklung von digitalen Anwendungs- und Fachkompetenzen sind die beiden Handlungsfelder, denen bei der digitalen Transformation die höchste Bedeutung zukommt.

Diese sind auch in Modellen zur Ermittlung des Digitalisierungsgrades von Unternehmen, die auf den 5 Bewertungskategorien Prozesse, Produkte, Geschäftsmodelle, Qualifizierung, Forschungs- und Innovationsaktivitäten basieren, am höchsten gewichtet ⁽³⁴⁾.

Sie stehen daher auch im Zentrum der weiteren Kapitel dieser Studie.

Hervorzuheben ist überdies, dass **die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Services durch Digitalisierung in der Thüringer Automobilzulieferindustrie bislang eine nur untergeordnete Rolle spielt.** Da hieraus neue Geschäftschancen und Wachstumsimpulse erwachsen können, sollte bei zunehmender Digitalisierung auch dieses Handlungsfeld eine stärkere Beachtung finden. Hierbei können der unternehmensübergreifende Austausch und externe Impulse hilfreich sein.

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
3. Digitalisierungstrends im Produkt
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

Das Handlungsfeld einer durchgängigen Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen und deren Vernetzung ist hinsichtlich der damit verbundenen Inhalte weiter zu konkretisieren. Als Hilfestellung bietet die vorliegende Studie eine **unternehmensbezogene Datenanalyse** an, die allerdings nur erste Hinweise liefern kann.

Das verwendete Analysemodell versucht, zwei Welten miteinander zu verbinden:

- auf der einen Seite Informationen zum **Produktportfolio Thüringer Automobilzulieferer und den damit verbundenen Fertigungsprozessen**,
- auf der anderen Seite die im I. Teil der Studie dargelegten **Digitalisierungstrends in Produkt und Prozess**.

Aus der **Verknüpfung beider Datenwelten** können Gewichtungen abgeleitet werden, die auf mögliche Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung hinweisen, die mit dem Produktportfolio und den Fertigungsprozessen in Thüringer Automobilzulieferunternehmen korrespondieren. Dies kann nur eine erste Annäherung sein, die - im Rahmen des Gesamtprojektes Fast Forward - durch exemplarische betriebliche Fallstudien und begleitende Expertengespräche ergänzt werden könnte.

Unternehmensbezogene Daten liegen CATI für **182 Thüringer Automobilzulieferunternehmen mit insgesamt ca. 40.000 Beschäftigten** vor. Diese Unternehmensauswahl erfüllt hinsichtlich der Betriebsgrößenstruktur, der Verteilung nach Produktbereichen (Fahrwerk, Antrieb, Karosserie/Exterieur, Interieur, Elektrik/Elektronik) und der regionalen Verteilung der Unternehmensstandorte die erforderlichen Repräsentativitätskriterien ⁽³⁵⁾.

Ausgehend von dieser Datenbasis wurden innerhalb der Produktbereiche **zukunftsfähige Produktgruppen** (insg. 25) ausgewählt, die im Übergang zu einer neuen Generation von elektrischen Fahr-

zeugen durch Verbleib-, Modifikations- und Neuteile auch künftig Bestand haben und insofern auch bestimmend für künftige Kompetenzanforderungen sind ⁽³⁶⁾.

Jedes Unternehmen wurde auf Basis des Produktportfolios und gewichtet mit den anteiligen Beschäftigtenzahlen dieser Produktgruppenstruktur zugeordnet – mit dem Ergebnis gewichteter Strukturprofile, die unter Berücksichtigung der jeweiligen Unternehmensstandorte auch nach Teil-Regionen differenziert werden können.

Für jedes Unternehmen liegt überdies eine **Beschreibung des Produktportfolios sowie damit verbundener Fertigungstechnologien** vor. Beispiele einzelner Unternehmen:

- Fahrwerk: Herstellung, Bearbeitung und Montage von komplexen Aluminiumdruckgussteilen
- Antrieb: mechatronische Antriebstechnik
- Karosserie/Exterieur: Anbauteile, hergestellt im Hybridverfahren unter Verwendung Materialmix
- Interieur: Kunststoffteile für Interieur-Verkleidungen (auch aus 2 Komponenten und textilhinterspritzt)
- Elektrik/Elektronik: Oberflächensensorik und Beschichtung.

Aus der Welt der Digitalisierung wurden **relevante Digitalisierungstrends/-bereiche (insg. 22) ausgewählt und in eine Vielzahl von Ausprägungen (insg. 86) ausdifferenziert und der Digitalisierung von Produkt und Prozess zugeordnet.**

Die Gesamtübersicht enthält nachstehende Tabelle 3.

II.2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzuliefer- industrie

Tab. 3 Übersicht
relevanter
Digitalisie-
rungstrends
Automobil

Digitalisierungstrend	Ausprägung	Produkt	Prozess
Asset Management	IT Asset Management		x
Assistenzsysteme	Augmented Reality	x	x
	Auto-Identifikation	x	x
	Autonomer mobiler Roboter (AMR)		x
	Computer Vision		x
	Fahrerlose Transportmittel		x
	Lokalisierungstechnologien	x	x
	Mensch Roboter Interaktion		x
	Pick-by-X Systeme		x
	Smart Wearables		x
	Virtual Reality	x	x
Data Analytics	Advanced-Analytics-Systeme		x
	Big Data und Data Analytics	x	x
Data Management	Data Governance-Framework		x
	Data Mining	x	x
Dokumentenmanagement	Prozessdokumentation		x
IT Sicherheit	Blockchain	x	x
	Entwicklung sicherer Fahrzeugarchitekturen	x	
	Funktionaler Sicherheitskonzepte	x	x
	Industrial and Cyber Security Konzepte	x	x
	Information Security Management System (ISMS)	x	x
	IT Risk Management	x	x
	Kryptographie und Digitale Zertifikate	x	x
	Sichere Applikationsarchitekturen	x	x
	Verteilte Netzwerkkonstrukturen	x	x
	Vulnerability management		x
KI	Cognitive Computing	x	x
	Machine / Deep Learning	x	x
	Neuronale Netze	x	x
	Robotic Process Automation (RPA)		x
Kommunikation	C2X/V2X Netze und Sensorik	x	
	Datenaustauschstandards		x
	Diagnose Standards und Protokolle im Fahrzeug	x	
	Fahrzeug Bussysteme	x	
	Funktechnologien und Protokolle	x	x
	IoT-Netzwerke und Kommunikation	x	x
	Low-Power Wide-Area Networks (LPWANs)	x	x
	M2M-Kommunikation		x
	Over-the-Air Update	x	
		Protokolle für Programmierschnittstellen im Fahrzeug	x

Digitalisierungstrend	Ausprägung	Produkt	Prozess	
Konstruktion	3D Model based definition (MBD)	x	x	
	3D Scanner und Scan Roboter	x	x	
	Design Automation	x	x	
Managementsysteme	Manufacturing Execution Systems		x	
	Product Lifecycle Management (PLM)	x	x	
Plattformen	Hyperscaler Plattform-Architekturen	x	x	
	IIoT Plattformen		x	
	Plattformsystemarchitekturen für Fahrzeuge	x		
Prädiktive Analyse	Predictive Analytics	x	x	
	Predictive Maintenance		x	
	Predictive Quality Management		x	
Programmierung	ASPICE	x		
	Automobilindustrie relevante Programmiersprachen	x	x	
	AUTOSAR Laufzeit Umgebungsprogrammierung	x		
Sensorik	Sensordatenfusion	x	x	
	Smart Sensors	x	x	
	Softwaregesteuerte Sensoren	x	x	
	Umfelderfassung/Umfeldsensorik	x		
Simulation	3D Simulation	x	x	
	Automated driving simulation	x		
	Batterie/Zell-Simulation		x	
	Digitale Menschmodelle und Ergonomiesimulation		x	
	Hardware-in-the-loop (HiL) simulation		x	
	Materialflusssimulation		x	
	Model-in-the-loop Simulationen	x	x	
	Offline-Roboterprogrammierung		x	
	Prozesssimulation		x	
	Rest-Bus-Simulation	x		
		Simulationen zur Kooperation von Mensch und Roboter		x
		Software-in-the-loop (SiL) simulation	x	x
		Thermische- und Strömungssimulationen	x	x
Software Architekturen	Containervirtualisierung	x	x	
	OS Architekturen zur Integration in Fahrzeugarchitekturen	x		
	Zonenorientierte E/E-Architekturen	x		
Software Entwicklung	DevOps Entwicklung, Agile Softwareentwicklung	x	x	
Telemetrie / Telematik	Telematik	x	x	
	Telemetrie	x	x	
Testverfahren	Software Testing	x	x	
UI/UX	UI/UX Programmierung und Design	x	x	
Virtualisierung	Digital FMEA		x	
	Digital Mockups / Digital Prototyping		x	
	Digital Twin		x	
	Predictive Quality Management	x	x	
	virtuelle Absicherung	x	x	
	Virtuelle Inbetriebnahme		x	
Zertifizierung	Zertifizierungen Automobilindustrie		x	

Diese Digitalisierungstrends und ihre Ausprägungen waren bereits Gegenstand des I. Teils dieser Studie mit einer dort erfolgten Zuordnung zur

- Digitalisierung im Produkt (Tab. 1)
- Digitalisierung im Wertschöpfungsprozess (Tab. 2).

Diese **Zuordnung der Ausprägungen von Digitalisierungstrends zu Produkt und Prozess** ist das wesentliche Bindeglied, das eine Verknüpfung von Unternehmensdaten der Thüringer Automobilzulieferindustrie und Digitalisierungstrends ermöglicht. **Durch die Gewichtung mit Beschäftigtenzahlen werden zudem Bedarfsschwerpunkte erkennbar.**

Diese Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Thüringer Automobilzulieferindustrie können nicht kausal aus den vorliegenden Informationen zu Produkten/Prozessen dieser Unternehmen abgeleitet werden. Vielfach sind diese Zuordnungen aus der Branchenkenntnis und Fachkompetenz der Autoren entstanden, unterstützt durch Eindrücke aus Unternehmensgesprächen in Thüringen und außerhalb der Region. Dies könnte durch betriebliche Fallstudien weiter vertieft werden - allerdings mit einem nicht unerheblichen Aufwand.

Im Ergebnis werden 24 Digitalisierungstrends/-anforderungsbereiche herausgestellt, für die auf Basis des Analysemodells dieser Studie der höchste Handlungsbedarf an Digitalisierung in der Thüringer Automobilzulieferindustrie besteht.

Die Ergebnisse enthält Tabelle 4.

Als Überleitung zum damit verbundenen Kompetenzentwicklungsbedarf (Teil III der Studie) wurde dabei bereits eine Unterscheidung zwischen digitalen Anwendungskompetenzen und digitalen Fachkompetenzen vorgenommen.

II.2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzuliefer- industrie

Tab. 4 Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Digitalisierungstrend	Ausprägung	Anwendungs- kompetenz	Fach- kompetenz
Datenmanagement	• Data Mining	x	
	• Big Data	x	
	• Advanced Data Analytics		x
Digitale Plattformen	• Cloud (Hyperscaler)	x	
IT Sicherheit	• Industrial und Cyber Security	x	
	• Risikomanagement	x	
Assistenzsysteme	• Automatische Identifikation/Erfassung	x	
	• Fahrerlose Transportsysteme		x
	• Augmented Reality		x
	• Virtual Reality		x
	• Computer Vision		x
Simulation	• Materialflusssimulation	x	
	• Prozesssimulation	x	
Vorausschauende Analyse	• Predictive Analytics	x	
	• Predictive Maintenance		x

II.2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzuliefer- industrie

Digitalisierungstrend	Ausprägung	Anwendungs- kompetenz	Fach- kompetenz
Sensorik	• Smart Sensors		x
	• Sensordatenfusion		x
Virtualisierung	• Predictive Quality Management		x
	• Digital Mockup/Digital Prototyping		x
Konstruktion	• 3D Scanner und Scan Roboter		x
Künstliche Intelligenz	• Machine/Deep Learning		x
Managementsysteme	• Product Lifecycle Management (PLM)	x	
	• IT Asset Management	x	
Zertifizierung	• Zertifizierung Automobil	x	

Diese künftigen Bedarfsschwerpunkte, die nach dem vorgestellten Analysemodell dieser Studie am höchsten gewichtet sind, sollten die Unternehmen der Thüringer Automobilzulieferindustrie beim Ausbau ihrer Digitalisierungsstrategie berücksichtigen, begleitet von einer Weiterentwicklung digitaler Anwendungs- und Fachkompetenzen.

Dieser Bedarf wird in Abhängigkeit von der Betriebsgröße (incl. evtl. Konzernzugehörigkeit) sehr stark variieren. Dies zeigen Eindrücke aus Gesprächen mit Thüringer Unternehmen ⁽³⁷⁾.

In den befragten Unternehmen mit einer Beschäftigtenzahl von < 100 Mitarbeitern steht die Digitalisierung überwiegend noch ganz am Anfang. Sie beschränkt sich auf

- Systemunterstützung im Bereich Finanz/Controlling
- Nutzung eines ERP-Systems
- Bereitstellung von Laptops für die Nutzung im Home Office (Verwaltung)
- Terminals zur Datendokumentation (Produktion).

In Vorbereitung sind digitale Tools für ausgewählte Einzelprozesse (z.B. Überwachung von Werkzeugen und Messmitteln); eine durchgängige prozessorientierte Vernetzung in der Produktion besteht nicht.

Ganz anders die Aussagen von Unternehmen mit > 250 Beschäftigten und Konzernzugehörigkeit. Hier werden als Digitalisierungsvorhaben z.B. genannt:

- Simulation von Produkten und Produktionsprozessen
- Virtualisierung
- predictive maintenance
- digitale Produktbegleitkarte
- digitales Wissensmanagement
- digitale Werkzeuge für Vorhersagen
- Machine Learning.

Diese Abstufung im Digitalisierungsgrad von Unternehmen stellen eine zusätzliche Herausforderung für passgenaue Angebote zur Entwicklung digitaler Kompetenzen dar.

Teil III

Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Zielsetzung der Studie

Teil I: Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie

1. Digitaler Kompetenzbedarf in der Automobilindustrie – eine Einführung
2. Vorgehensweise und Methodik der Studie
3. Digitalisierungstrends im Produkt
4. Digitalisierungstrends im automobilen Wertschöpfungsprozess

Teil II: Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung in der Region

1. Stand der Digitalisierung in Thüringen – Ergebnisse einer Online-Befragung
2. Bedarfsschwerpunkte der Thüringer Automobilzulieferindustrie

Teil III: Wege zu einer anforderungs- und zukunftsorientierten Kompetenzentwicklung

Summary

Anlagen

- Quellen- und Literaturhinweise

Zur Entwicklung digitaler Kompetenzen sind vielfältige und nach Zielgruppen abgestufte Qualifizierungswege möglich.

Hierzu werden nachstehend einige breit gefächerte Beispiele aus anderen Regionen aufgeführt und anschließend Weiterbildungsinhalte für eine Kompetenzentwicklung genannt, die auf den ermittelten Bedarfsschwerpunkten in der Thüringer Automobilzulieferindustrie aufbauen.

1. Digitale Kompetenzentwicklung – ein Blick über die Landesgrenzen

Das Spektrum des Angebots zur digitalen Kompetenzentwicklung reicht von neuen Ausbildungsberufen über unternehmensinterne Wege zur gezielten Kompetenzentwicklung und Angeboten externer Weiterbildung (incl. Zertifikatslehrgänge) bis hin zu berufsbegleitenden Studiengängen. Dazu einige ausgewählte Beispiele:

Berufsausbildung

Die neue digitale Welt erfordert auch neue Ausbildungsberufe mit digitaler Kompetenzentwicklung im technischen und kaufmännischen Bereich - Beispiel **AUDI Ingolstadt und Neckarsulm** ⁽³⁸⁾

* *Fachinformatiker/in für Digitale Vernetzung*

Vernetzen von IT-Systemen und Anwendungen, Automatisierung von Prozessen und Produkten, Entwickeln von IT-Sicherheitskonzepten

* *Kaufmann/-frau für Digitalisierungsmanagement*

Schnittstellenfunktion zwischen IT-Bereich und Fachbereich, Mitwirkung bei optimalen IT-Lösungen mit bester Kosten-Nutzen-Analyse.

Interne digitale Kompetenzentwicklung

Großunternehmen verfügen durch ihre hohen Beschäftigtenzahlen rein quantitativ auch über einen entsprechend hohen Kompetenzentwicklungsbedarf, der aufgrund der vorhandenen Ressourcen in diesen Unternehmen in weiten Teilen auch durch interne Qualifizierungs- und Entwicklungsangebote erfüllt werden kann.

So hat z.B. **Continental** im Rahmen der Strategie ‚Continental in Motion‘ mit einem **unternehmens-eigenen Institut für Technologie und Transformation (CITT)** einen Rahmen für eine Weiterbildungsoffensive geschaffen, der es durch mehrere bundesweit verteilte Hubs ermöglicht, die Belegschaft auf den Arbeitsplatz der Zukunft vorzubereiten. **Industrie 4.0 und Digitalisierung** sind dabei die beiden TOP-Qualifizierungsfelder ⁽³⁹⁾.

Die Angebote richten sich an alle Mitarbeiter/innen (Angelernte, Fachkräfte, Akademiker). Beispiele für Qualifizierungsangebote:

Angelernte Mitarbeiter/innen: Digitale Kompetenzen 4.0

Fachkräfte: Data Analyst (IHK)

Data Science Foundation

Akademiker: analog Fachkräfte

Digitale Kompetenzen (2 Levels: Grundlagen + Spezialisierung)

Auch **AUDI** bietet im Rahmen eines Pilotprogramms ‚Digital Shift in Produktion und Logistik‘ Mitarbeitern mit IT-Affinität aus diesen Bereichen die Möglichkeit an, sich für die Digitalisierung von Produktions- und Logistikprozessen fit zu machen und sich für Zukunftsjobs zu qualifizieren ⁽⁴⁰⁾.

Die großen Automobilhersteller und Systemlieferanten (z.B. **BMW und Bosch**) fokussieren vor dem Hintergrund einer technologischen Entwicklung zum ‚Software-defined car‘ sehr stark auf interne **Qualifizierungsprogramme zur Software-Entwicklung**.

BMW bietet im Rahmen des Programms ‚Back2Code‘ ein Technologie-Stack aus Software-Entwicklung, IT-Qualitätssicherung und Umsetzung/Betrieb an (Qualifizierungsdauer 3 Monate in Vollzeit) ⁽⁴¹⁾. Eine identische Qualifizierungsdauer hat auch das Software Qualification Program von Bosch im Rahmen der Strategie ‚Mission to move‘. Wesentliche Inhalte dabei sind: Programmierung, Rechnerarchitektur, Software Engineering, Algorithmen und Datenstrukturen, Software-Qualität und -Test ⁽⁴²⁾.

Zertifikatslehrgänge IHK

Diese werden in unterschiedlicher Form durchgeführt und angeboten:

- vollständige Durchführung durch ein Unternehmen mit anschließendem IHK-Abschluss (s.o. Data Analyst bei Continental)
- arbeitsteilige Durchführung zwischen einem Unternehmen und einer IHK: Beispiel Zertifikatslehrgang ‚Industriemanager Digitale Transformation IHK‘ zwischen **Bosch Rexroth** und der **IHK Würzburg** mit folgenden Modulen: Smart Factory, Vernetzte Geschäftsmodelle, Digitalisierungstechnologien, Digitale Arbeitswelt ⁽⁴³⁾.
- alleinige Durchführung durch eine IHK: Beispiel das umfangliche Angebot der **IHK Heilbronn** mit folgenden IHK-Zertifikatslehrgängen: Digitalisierungsmanager/-in, Digital Change Manager/-in, Digitaler Produkt- und Innovationsmanager/-in, Data Analyst ⁽⁴⁴⁾.

Qualifizierungsangebote für KMU

Bei entsprechenden Voraussetzungen (Ausstattung, Infrastruktur, Lernumgebung) können auch durch

Unternehmen (Industrieunternehmen, Bildungsdienstleister) im Lernfeld Digitalisierung gezielte Qualifizierungsleistungen an kleine und mittlere Unternehmen (KMU) angeboten werden, die überdies durch Digitalisierungs-Förderprogramme unterstützt werden. Beispiel: **Festo Lernzentrum Saar** in St. Ingbert ⁽⁴⁵⁾. Inhalte: Grundlagenkompetenzen Digitalisierung, Industrie 4.0/Logistik 4.0, Intelligente Assistenzsysteme, Industrial Internet of Things, Einführung in Künstliche Intelligenz.

Transferleistungen von Netzwerken

Regionale Automobil-Netzwerke bzw. gemeinsame Initiativen von mehreren regionalen Netzwerken können wichtige Initiatoren und Anbieter für digitale Kompetenzentwicklungen sein – Beispiele: das **Automobilcluster (AC) Upper Austria** und das **Mobilitätscluster der Steiermark ACstyria** ⁽⁴⁶⁾.

Die Transferleistungen beinhalten Workshops zur Identifizierung des Digitalisierungsbedarfs insb. von KMU, das Angebot eigener Lehrgänge z.B. Weiterbildung zum Digital Transfer Manager, den Austausch in einem branchenübergreifenden ‚Qualifizierungsverbund Digitale Kompetenz‘ (Beispiel Upper Austria) oder die Erarbeitung und Veröffentlichung von Kompetenzlandkarten Digitalisierung mit den Schwerpunkten Smart Vehicles – Smart Production – Smart Services (Beispiel ACstyria).

Exkurs: Berufsbegleitende Studiengänge

Darüber hinaus existiert ein vielfältiges Angebot an berufsbegleitenden Studiengängen mit unterschiedlichen Ausrichtungen und Abschlüssen, z.B. zum ‚Certified Management Expert (Digitale Transformation)‘ mit Institutszertifikat der FernUniversität Hagen ⁽⁴⁷⁾, Bachelor- bzw. Masterstudiengang ‚Digital Business‘ an der IU Internationalen Hochschule, Bad Honnef bzw. der Wirtschaftsakademie Wien ⁽⁴⁸⁾, Master Studiengang ‚Nachhaltigkeit und digitale Transformation‘ an der Hamburg School of Business Administration ⁽⁴⁹⁾.

2. Digitale Kompetenzentwicklung – Inputs für den Weiterbildungsverbund FastForward

Mit den weitreichenden Digitalisierungstrends in der Automobilindustrie ist ein steigender digitaler Kompetenzentwicklungsbedarf verbunden, der im I. Teil der Studie

- für einzelne Produktbereiche (Fahrwerk, Antrieb, Karosse/Exterieur, Interieur, Elektrik/Elektronik)
- und verschiedene Stufen des automobilen Wertschöpfungsprozesses (Produktentwicklung, Produktionsplanung, Anlagensteuerung/-bedienung, Produktionssteuerung/-durchführung, Qualitätssicherung, Logistik und IT-Sicherheit)

im Detail erläutert und dokumentiert wurde.

Die daraus entstandenen zusammenfassenden Übersichten (s. Tab. 1 und 2) stellen bereits einen wichtigen Fundus für **produkt- und prozessspezifische digitale Kompetenzentwicklungen** dar, die in internen Weiterbildungsangeboten der Unternehmen (insb. produktbezogen) aber auch in Angeboten für externe Qualifizierungsleistungen (insb. unternehmensübergreifend/prozessbezogen) genutzt werden können.

Aus der Befragung Thüringer Automobilzulieferer zum Stand der Digitalisierung wurde erkennbar, dass

- sich das **Digitalisierungslevel** in allen Geschäftsbereichen der Unternehmen überwiegend nur auf einem mittleren Niveau befindet
- bei der Digitalisierung nach Geschäftsprozessen insb. wertschöpfungsflankierende Prozesse im Mittelpunkt stehen, während bei der **durchgängigen Vernetzung im Produktionsbereich** noch erheblicher Handlungsbedarf besteht
- und speziell in den KMU **nur in geringem Umfang Fachleute** aus den verschiedenen Bereichen

Digitalisierungsmaßnahmen initiieren und koordinieren; hier ist Digitalisierung ‚Chefsache‘.

Neben den aufgezeigten produkt- und prozessspezifischen Handlungsfeldern für digitale Kompetenzentwicklung bietet sich an, unternehmensintern und unternehmensübergreifend **digitale Anwendungskompetenzen und digitale Fachkompetenzen** weiterzuentwickeln.

- Durch eine **Basis-Qualifizierung** soll das Verständnis für Chancen und Risiken der Digitalisierung verstärkt, die Bereitschaft zu Veränderungsprozessen in den Unternehmen erhöht und Grundlagen für die effiziente Anwendung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Unternehmensprozessen vermittelt werden.
- Durch eine **Fach-Qualifizierung** sollen Mitarbeiter mit Prozessverantwortung zu Digital Experts/Digital Scouts qualifiziert werden, die Digitalisierungspotentiale in den Wertschöpfungsprozessen der Unternehmen erkennen, entsprechende Digitalisierungsmaßnahmen initiieren und die effektive Umsetzung von Digitalisierungsprojekten begleiten.

Empfehlungen für die Inhalte dieser digitalen Kompetenzentwicklung können aus den Bedarfsschwerpunkten in der Thüringer Automobilzulieferindustrie abgeleitet werden (s. Tab. 4).

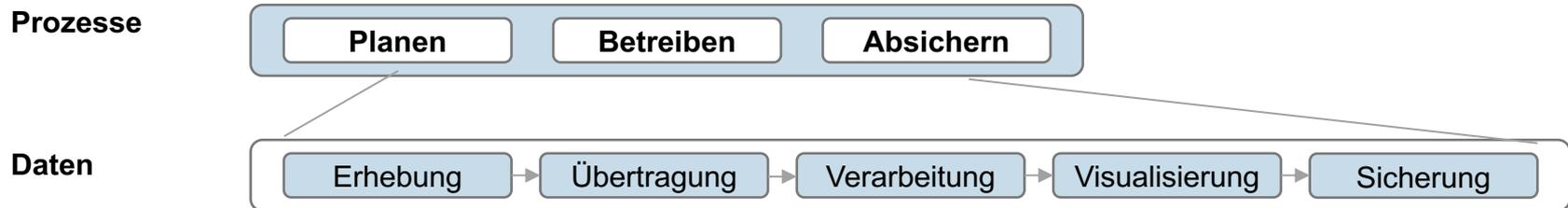
2.1 Basis-Qualifizierung

Im Zentrum dieses Basis-Moduls steht die **maschinenlesbare Bereitstellung, Verarbeitung und Nutzung von im Unternehmen vorhandenen Daten für unterschiedliche Geschäftsprozesse**.

Leitfragen sind: welche Daten werden von Mitarbeitern, Anlagen und Systemen benötigt ? wie werden diese Daten generiert ? zu welchem Zweck werden diese wie verarbeitet ?

Flankierend zu diesem Verständnis über die Informationsflüsse (ob analog oder digital) können entlang definierter Unternehmensziele in den jeweiligen Geschäftsprozessen (z.B. Reduzierung von

manuellen Tätigkeiten, Erhöhung der Transparenz und Flexibilität, Optimierung von Durchlaufzeiten und Beständen) **erste Ansätze für Digitalisierungsmöglichkeiten** bestimmt werden. Die Basis-Qualifizierung soll zudem einen ersten Zugang zu Digitalisierungsstrategien im Unternehmen und deren planvoller Umsetzung eröffnen.



Schwerpunkte einer Basis-Qualifizierung zur Anwendungskompetenz Digitalisierung sollten entsprechend dieser Zielsetzung sein:

1. Digitalisierung, Annäherung und Verständnis

- Bestimmung und Abgrenzung des Begriffes der digitalen Datenverarbeitung sowie Abgrenzung von Technologien der Automatisierung.

2. Einführung in Digitalisierungsstrategien

- Zielsetzung, strategische Wichtigkeit und Vorgehensweisen zur Bestimmung geeigneter Digitalisierungsstrategien für Produkte und Prozesse.

3. Grundlagen der Informationsprozessanalyse und -gestaltung

- Grundlagen über das Verständnis von Daten und Informationen in betrieblichen Prozessen sowie deren Analyse mittels wertstromorientierter Methoden (Data Value Streams).

4. Schwerpunkte der Digitalisierungstrends

- Charakter und Einsatzzwecke verschiedener Digitalisierungstrends in der Planung, des Betriebs und der Absicherung wertschöpfender Prozesse. Möglichkeiten der Nutzung digitaler Methoden und Technologien im Produkt.

5. Anforderungen der Automobilindustrie und IT Sicherheit

- Notwendigkeiten und Möglichkeiten der Absicherung von digitalen Lösungen gegen innerbetriebliche Schwachstellen in den Informationsprozessen. Anforderungen an die digitalen Lösungen und Managementsysteme an die Unternehmen in Zusammenhang mit dem Austausch von Informationen mit anderen Partnern sowie der Verarbeitung in Produkten.

6. Good-Practices zur Adaption von Technologien in Informationsprozessen

- Inspiration der Nutzung digitaler Methoden und Technologien in Produkten und Prozessen, von mit geringem Aufwand erzielbaren Optimierungen bis zu intelligenten Steuerungsmöglichkeiten wertschöpfender Prozesse.

Modul

Basis-Qualifizierung Digitalisierungskompetenz

Zielgruppe

Alle Mitarbeiter/-innen von Klein- und Mittelstandsunternehmen, welche sich mit den Nutzungsmöglichkeiten und Methoden der Anwendung von Digitalisierung beschäftigen.

Modulinhalte

In diesem Basis-Qualifizierungsmodul werden die Grundlagen für die effiziente Anwendung von Digitalisierungstechnologien in den eigenen Unternehmensprozessen vermittelt. Basis dafür bilden das Methoden- und Begriffsverständnis der Digitalisierung, dessen Abgrenzung zur Automatisierung sowie Methoden der Informationsprozessanalyse und der planvollen Umsetzung identifizierter Digitalisierungsmöglichkeiten. Schwerpunkte der Digitalisierungstrends in Produkt und Wertschöpfungsprozess werden veranschaulicht.

Inhalte:

1. Digitalisierung, Annäherung und Verständnis
2. Einführung in Digitalisierungsstrategien
3. Grundlagen der Informationsprozessanalyse und -gestaltung
4. Schwerpunkte der Digitalisierungstrends
5. Anforderungen der Automobilindustrie und IT Sicherheit
6. Good-Practices zur Adaption von Technologien in Informationsprozessen

Voraussetzungen

Es sind keine spezifische Vorkenntnisse zur Digitalisierung und deren Anwendung im Unternehmen notwendig.

Schwerpunkte Digitalisierungstrends

- Datenmanagement (Erhebung / Analyse)
- Digitale Plattformen (Cloud Computing)
- Assistenzsysteme
- Simulationstechnologien
- Prädiktive Analysen
- Sensorik zur Datenerhebung
- Virtualisierung
- Konstruktion / 3D Engineering
- Künstliche Intelligenz
- Managementsysteme (Produkt und IT)
- Zertifizierungen in der Automobilindustrie
- IT Sicherheit

2.2 Fach-Qualifizierung

Mit der Fach-Qualifizierung soll eine **Kompetenzentwicklung zum Digital Expert/Digital Scout** ermöglicht werden, der in den Unternehmen Digitalisierungsprojekte koordiniert und die Umsetzung verantwortet.

Aufbauend auf dem Wissen des Basis-Qualifizierungsmoduls und/oder zur Ergänzung bereits vorhandener Kenntnisse aus bereits umgesetzten Digitalisierungsprojekten, ist eine vertiefende Weiterbildung in Methoden zur effektiven Umsetzung von Digitalisierungsprojekten und zu aktuellen Technologietrends erforderlich. Schwerpunkt dieser Weiterbildung ist der **Gesamtkontext aus Datenmanagement, Digitalisierungstechnologien und IT-Sicherheit**.

Grundlage jeder erfolgreichen Digitalisierung ist die Erhebung von Daten und deren Nutzen bringende Verarbeitung. Dies setzt das Verständnis voraus, welche Daten benötigt werden und wo diese verfügbar sind bzw. verfügbar gemacht werden können. Die damit verbundenen Herausforderungen bestehen in der Analyse der Informationsprozesse und der Datenverfügbarkeit sowie in dem Management des Datenlebenszyklus (Datenerfassung, Datenverarbeitung, Datenanalyse, Datenaustausch, Datenarchivierung).

Nach diesem Schritt, welche Daten in digitaler Form nutzbar gemacht und gemanagt werden müssen, sind die Technologien zu identifizieren und zu bewerten, die für die Erhebung, Übertragung, Verarbeitung und Absicherung der Daten benötigt werden, um die Geschäftsprozesse der Wertschöpfung zu unterstützen.

Bei der Verwertung der Daten in unterschiedlichen IT Systemen, vor allem wenn diese über Internet verfügbar gemacht werden, müssen stets auch entsprechende Maßnahmen der Datensicherheit getroffen werden. Zum einen in der systemseitigen Absicherung und zum anderen in den Managementprozessen, um Daten vor Diebstahl, Verlust oder unberechtigtem Zugriff während ihres gesamten Lebenszyklus zu schützen.

Diese Anforderungen zum Datenmanagement, den Digitalisierungstechnologien und der Datensicherheit erfordern entsprechendes Fachwissen, das in verschiedenen Modulen der Fachqualifizierung angeboten werden kann.

Modul 1 – Informationsprozessanalyse und Datenmanagement

In diesem Modul werden die Methoden zur Analyse der betrieblichen Prozesse hinsichtlich ihrer Informationsflüsse vermittelt. Anhand von konkreten Prozessen werden Zielsetzungen der Prozessoptimierung in Lösungen zur Prozessdigitalisierung übersetzt. Zudem werden die wesentlichen Bestandteile und Anforderungen von Datenmanagementsystemen vermittelt.

Modul 2 – Schwerpunkt Digitalisierungstechnologien

In diesem Modul werden konkrete Digitalisierungstechnologien eingehend vorgestellt und bewertet. Dabei steht deren potentielle Nutzung in verschiedenen Prozessen des Betriebes aber auch im Produkt sowie die Anforderungen hinsichtlich der Implementierung im Fokus.

Der Schwerpunkt liegt dabei auf den für die Automobilzulieferindustrie in Thüringen als besonders relevant identifizierten Technologietrends:

1. Data Analytics - Advanced Data Analytics
2. Assistenzsysteme - Computer Vision Systeme, Fahrerlose Transportmittel, Virtual Reality
3. Künstliche Intelligenz - Machine Learning, Robot Process Automation
4. Konstruktion - 3D Scanner, Scan Roboter
5. Prädiktive Analysen - Predictive Maintenance, Predictive Quality Management
6. Sensorik - Sensordatenfusion, Smart Sensors
7. Virtualisierung - Digital Mockups / Digital Prototyping

Modul 3 – Informationssicherheit

Zum einen bestehen in der Automobilindustrie grundlegende Anforderungen an Zulieferer zum Nachweis eines gewissen Sicherheitsniveaus, zum anderen ist jedes Unternehmen gut daran beraten, seine Infrastrukturen und Daten bestmöglich zu schützen. Zunehmend werden Zulieferer zur Zielscheibe von Hackerangriffen, da diese potentiell leichter zu kompromittieren sind und den Zugang zu vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten eröffnen. In diesem Modul werden allgemein gültige Schutzziele von verschiedenen Datentypen sowie die notwendigen Prozesse vermittelt, welche für ein effektives Management von Risiken und Schwachstellen als auch Absicherungstechniken notwendig sind. Bestehende Gesetzgebungen und Anforderungen der Automobilindustrie sind ebenfalls Gegenstand dieses Moduls.

Modul

Fach-Qualifizierung Digitalisierungskompetenz

Zielgruppe

Prozessverantwortliche - Mitarbeiter mit Verantwortung für Digitalisierungsprojekte - verantwortliche Mitarbeiter für Informationssicherheit im Unternehmen

Modulinhalte

Aufbauend auf dem Basis-Qualifizierungsmodul oder als Ergänzung zum bereits vorhandenen Wissen, werden in 3 verschiedenen Modulen tiefere Inhalte zur effektiven Umsetzung von Digitalisierungsprojekten vermittelt. Dabei werden alle Aspekte von der Prozessanalyse, dem Technologieeinsatz bis hin zur Absicherung von Architekturen, Daten und Informationsprozessen qualifiziert. Folgende unabhängige Module werden dafür zur Verfügung gestellt:

Modul 1 - Informationsprozessanalyse und Datenmanagement

Mit dem Schwerpunkt der Analyse von wertschöpfenden Informationsprozessen sowie dem Management von Daten im gesamten Lebenszyklus.

Modul 2 - Schwerpunkt Digitalisierungstechnologien

Interaktive Vermittlung von Digitalisierungstechnologien sowie deren breite Nutzung in unterschiedlichen betrieblichen Prozessen als auch im Produkt.

Modul 3 – Informationssicherheit

Es werden grundlegende Anforderungen zum Datenschutz, erforderliche Managementprozesse und mögliche Absicherungsmöglichkeiten vermittelt.

Voraussetzungen

Gutes Prozessverständnis im eigenen Unternehmen sowie zu dessen grundlegender IT Infrastruktur und vorhandenen Schnittstellen

Schwerpunkte Digitalisierungstrends

- Advanced Data Analytics
- Computer Vision Systeme
- Fahrerlose Transportmittel
- Virtual Reality
- Machine Learning
- Robot Process Automation
- 3D Scanner
- Scan Roboter
- Predictive Maintenance
- Predictive Quality Management
- Sensordatenfusion
- Smart Sensors
- Digital Mockups / Digital Prototyping

Mit den vorgestellten Beispielen und Modulen zur digitalen Kompetenzentwicklung wird dem Weiterbildungsverbund Fast Forward Automotive & IT ein breit aufgefächertes Input angeboten, der im Fortgang des Fast Forward - Projektes für eigene Initiativen (unter Einbindung von Unternehmen, Netzwerken, IHKs, Bildungsträgern, Duale Hochschule) genutzt werden kann.

Die **TOP-Empfehlungen** auf Basis dieser Studie lauten:

- Erstellung einer **Kompetenzlandkarte Digitalisierung** für Thüringen (gemeinsam mit Partnern)
- Initiative zu einem **Qualifizierungsverbund Digitale Kompetenz** in der Region (entspr. der übergeordneten Zielsetzung der Weiterbildungsverbund-Förderung des Bundes)
- **Konzeptionierung von Zertifikatslehrgängen** (IHK) (in Anlehnung an Beispiele aus anderen Regionen und von ausgewählten Unternehmen)
- **Vertiefung der produkt- und prozessspezifischen digitalen Kompetenz** Automobil auf Basis der in der Studie detailliert dargelegten Anforderungen
- **Qualifizierungsmodule zur digitalen Anwendungs- und Fachkompetenz** basierend auf den erkennbaren Bedarfsschwerpunkten der Thüringer Automobilzulieferindustrie.

Damit ist die Aufgabenstellung der Studie – wissenschaftlicher Input und Benchmarking für das Fast Forward Projekt – vollumfänglich erfüllt.

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 **Prozesseite** 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**.

- Die Ergebnisse einer durchgeführten Online-Befragung legen die Schlussfolgerung nahe, dass die Mehrzahl der befragten Thüringer Unternehmen die Notwendigkeit zur digitalen Transformation erkannt hat, die Umsetzung sich allerdings vielfach noch auf einem erst **mittleren Digitalisierungslevel** befindet.
- Etwa 80 % der befragten Unternehmen beabsichtigen, **mittelfristig ihren Digitalisierungsgrad zu erhöhen**.
- Die durchgängige vernetzte Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen sowie die Weiterentwicklung von digitalen Anwendungs- und Fachkompetenzen sind die beiden **Handlungsfelder**, denen bei der weiteren digitalen Transformation die höchste Bedeutung zukommt.
- Basierend auf einer unternehmensbezogenen Datenanalyse wurden Digitalisierungstrends/-bereiche identifiziert, die **Bedarfsschwerpunkte der Digitalisierung** für die Thüringer Automobilzulieferindustrie darstellen. In diesen Feldern ist eine Weiterentwicklung von Anwendungs- und Fachkompetenzen zwingend erforderlich.
- Beispiele von **Maßnahmen zur digitalen Kompetenzentwicklung in anderen Regionen** können auch als Input für die Entwicklung eigener Weiterbildungsformate/-inhalte herangezogen werden.
- Neben produkt- und prozessspezifischen Qualifizierungsinhalten werden in der Studie **Weiterbildungsmodulare zur Basis- bzw. Fach-Qualifizierung** konkretisiert.
- Durch eine Basis-Qualifizierung soll bei allen Beschäftigten die **Bereitschaft und Kompetenz zu digitalen Veränderungsprozessen** erhöht werden. Ziel einer Fach-Qualifizierung von Prozessverantwortlichen ist die **Kompetenzentwicklung zu Digital Experts/Digital Scouts**, die in den Unternehmen Digitalisierungsprojekte fachkompetent vorbereiten und verantwortungsvoll umsetzen können.

Anlagen

- **Quellen- und Literaturhinweise**

- 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) 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. – 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.
- 4) Automotive Agenda Thüringen – Agenda zur Begleitung und Unterstützung des Transformationsprozesses der Thüringer Automobil- und Zulieferindustrie, hrsg. vom Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Erfurt September 2018 sowie TMWWDG, Grundsatzpapier zur Fortschreibung der ‚Automotive Agenda Thüringen‘, September 2020.
- 5) Thüringer Allianz für Berufsausbildung und Fachkräfteentwicklung, Fachkräftestrategie für Thüringen 2021 bis 2025, Dezember 2021.
- 6) <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/zukunftsinvestitionen-fahrzeughersteller-zulieferindustrie.html>
- 7) <https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Aus-und-Weiterbildung/Weiterbildungsrepublik/Weiterbildungsverbuende/weiterbildungsverbuende-art.html>
- 8) Fast Forward – Weiterbildungsverbund Automotive & IT, Ausschreibung einer externen Studie zum Kompetenzentwicklungsbedarf ‚Digitale Transformation der Automobilindustrie‘, Erfurt 10. Dez. 2021, S. 2.
- 9) ifo schnelldienst digital 12/2021, Transformation in der Automobilindustrie – welche Kompetenzen sind gefragt ?
- 10) Fast Forward Weiterbildungsverbund Automotive & IT, Fachtagung 2023, 09. Jan. 2023, Thüringer Zentrum für Existenzgründungen und Unternehmertum (ThEX), Erfurt.
- 11) OECD Digital Economy Papers No. 258, New skills for the digital economy, 2016 Ministerial Meeting on the digital economy.

- 12)ifo schnelldienst digital 12/2021, a.a.o. – BMAS/Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft, Zukünftige Profile für die Automobilwirtschaft, 07/2021.
- 13)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.
- 14)Studie der Technologie- und Innovationsberatungsgesellschaft Invensity, zitiert in: automotivIT vom 29. April 2014.
- 15)Studie des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), zitiert in: DevTopics – Software Development Topics, March 9, 2009.
- 16)Siehe hierzu Uwe Winkelhake, Die digitale Transformation der Automobilindustrie, 2021, insb. S. 185 ff.
- 17)Shared Mobility – Technologie als Schlüssel zur Zukunft der Mobilität, in: automotivIT vom 14. Okt. 2022.
- 18)Volkswagen AG, Investor Conference Call with Société Générale, 23 March 2020 – Leading the Transformation, Präsentation von Frank Witter (CFO), S. 24.
- 19)dto., S. 25.
- 20)Die AUTOSAR-Architektur, in: embedded-software-engineering vom 30.06.2021.
- 21)Marke Volkswagen, UBS Electric & Autonomous Car Trip, Hanover September 13, 2022 – Präsentation Dr. Silke Bagshik, S. 12 ff.
- 22)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.
- 23)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.
- 24)PwC, Digital Product Development 2025, March 2019.
- 25)So der Markenvorstand VW für Technische Entwicklung Ulbrich, VW Pressemitteilung vom 03.03.2022.
- 26)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/>.

- 27) Zur Digitalisierung in den Wertschöpfungsklustern Produktionsplanung und – steuerung, Qualitätssicherung und Logistik siehe auch Bernhard Steimel/Ingo Steinhaus, Trendbook Smarter Production, 2021.
- 28) Siehe als Praxisbeispiel <https://www.schnellecke.com/de/smart-logistics/digitalization>.
- 29) Der ZeTT-Radar wird quartalsweise im Rahmen des Zentrum Digitale Transformation Thüringen (ZeTT) durchgeführt. Partner im ZeTT sind die Ernst-Abbe-Hochschule Jena, die Friedrich-Schiller-Universität Jena, die Technische Universität Ilmenau, die IHK Erfurt und Arbeit und Leben Thüringen.
- 30) Diese Ergebnisse stammen aus dem ZeTT-Radar-Q1-2023 sowie der dazu gehörenden Erläuterung der Methodik und der Beschreibung der Stichprobe. Der ZeTT-Radar berechnet einen Trend, der sich aus den Lage-Werten des lfd. Quartals und den Erwartungswerten des kommenden Quartals (jeweils im Vergleich zum gleichen Quartal des Vorjahres) errechnet. Dabei erfolgt eine Indizierung, bei der die Anzahl der beteiligten Unternehmen des Vorjahres Index-bestimmend wird. Bei schwankenden Beteiligungszahlen z.B. von Industrieunternehmen (2022: 104 – 2021: 138 – 2022: 104 Unternehmen) ist dies ergebnisbestimmend. Wir haben uns daher ausschließlich auf die Lagewerte des jeweiligen Quartals und die Anteilswerte der im jeweiligen Quartal beteiligten Unternehmen fokussiert. Dadurch werden Ergebnisverzerrungen vermieden.
- 31) Diese Ergebnisse stammen aus einer Befragung, die CATI/automotive thüringen im Auftrag des Thüringer ClusterManagements Ende 2022 durchgeführt haben. Siehe hierzu ‚Fortschreibung der Tiefenanalyse zur Thüringer Automobilindustrie‘, Studie des Chemnitz Automotive Institute (CATI) in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk automotive thüringen (at), Auftraggeber: Thüringer ClusterManagement (ThCM) in der Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbh (LEG Thüringen), Abschlussbericht 14.09.2022.
- 32) ADM (Arbeitskreis Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute e.V.), Standards zur Qualitätssicherung für Online-Befragungen, Ausgabe Mai 2001.
- 33) Dies bestätigen auch Eindrücke aus Unternehmensgesprächen, die das Netzwerk automotive thüringen Ende 2022 durchgeführt hat.
- 34) BMWK, Digitalisierung der deutschen Wirtschaft – Digitalisierungsindex 2022 (Durchführung: Institut der deutschen Wirtschaft, 14. Dezember 2022) sowie die Ausführungen zur Methodik des Digitalisierungsindex (November 2020).
- 35) Die verwendeten Daten basieren auf unserer Studie ‚Regionalisierung von Beschäftigungseffekten des automobilen Strukturwandels in Thüringen‘, Februar 2020.

- 36) Hierbei können wir auf eine CATI-Analyse zurückgreifen (Veränderte Teilestruktur im Fahrzeug durch Elektromobilität, 2019), die auf der Bewertung von ca. 300 Baugruppen basiert. Die Studie wurde auch von automotive thüringen als at kompakt No. 1 veröffentlicht.
- 37) Die entsprechenden Gesprächsprotokolle wurden von automotive thüringen erstellt und können zur Auswertung auch im Rahmen dieser Studie genutzt werden.
- 38) <https://www.audi.com/de/career/pupils/apprenticeship/digitalization.html>
- 39) <https://www.continental-institut.de>, <https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/qualifizierungsoffensive/>
- 40) <https://www.audi-mediacyber.com/de/pressemitteilungen/mitarbeitende-gestalten-transformation-digitale-qualifizierung-bei-audi-nimmt-weiter-fahrt-auf-14260>
- 41) <https://www.computerwoche.de/a/mit-back2code-steuert-bmw-die-digitalisierung-an,3640253>
- 42) <https://www.bosch.de/news-and-stories/mission-to-move/>
- 43) <https://www.wuerzburg.ihk.de/weiterbildungsprogramm/digital-transformation-manager-218771/>
- 44) <https://ihk-weiterbildung.de/bildungsangebote/seminare-und-zertifikatslehrgaenge/digitalisierung/>
- 45) <https://www.festo-lernzentrum.de/aktuell/newsdetail/digitalisierungs-foerderprogramme/>
- 46) <https://itwelt.at/news/interview/vernetzt-intelligent-digital-oberoesterreich-punktet-als-digitalregion/>,
https://acstyria.com/wp-content/uploads/ACstyria_Tech-Report_Digitalisierung_KompetenzLandkarte-2.pdf
- 47) <https://www.fernuni-hagen.de/studium/weiterbildung/weiterbildung-digitale-transformation.shtml>
- 48) <https://www.iu-fernstudium.de/lp/bachelor/digital-business>, <https://wirtschaftsakademie-wien.at>
- 49) <https://www.hsba.de/studium/master/digital-transformation-sustainability-msc>

