Engineering
in der Automobilindustrie

Report

TRANSFORM.BY

Eine Publikation der

ffw
Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Impressum

Report Engineering

Projektleitung
Wolfgang Anlauft, anlauft@ffw-nuernberg.de

Autorinnen dieses Reports
Andrea Baukrowitz (baukrowitz@ffw-nuernberg.de), Klara Oeser

Kontakt
ffw GmbH – Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung
Allersberger Straße 185 / F, 90461 Nürnberg
Telefon: +49 911 462679-0, E-Mail: kontakt@ffw-nuernberg.de

Hinweise
Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Die Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung aller transform.by-Kooperationspartner wider.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Über das Projekt transform.by

Das Projekt »transform.by« wird im Rahmen der Ausschreibung »Transformationsstrategien für Regionen der Fahrzeug- und Zulieferindustrie« des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz seit 2022 durchgeführt. Ziel ist es, in bayerischen Unternehmen die Betriebsparteien und weitere Stakeholder zu befähigen, die Transformation zu gestalten. Dabei legen wir großen Wert auf die Stärkung kooperativer und resilienter Wirtschaftsstrukturen, eine hohe Beschäftigungsqualität und die Entwicklung nachhaltiger Geschäftsmodelle. Die Vereinbarkeit von Wettbewerbsfähigkeit, ökologischer und sozialer Verantwortung ist ein weiterer wesentlicher Bestandteil.

ffw GmbH (Nürnberg) und **f-bb GmbH** (Nürnberg) analysieren im Rahmen gemeinsam Auswirkungen der Transformation auf Qualifizierung und Beschäftigung. Auf der Basis eines systematischen Tätigkeitsscreenings werden im letzten Abschnitt des Projektes Qualifizierungspfade und -maßnahmen für Beschäftigte und Arbeitnehmervertreter:innen (ffw) bzw. Unternehmensleitungen und Führungskräfte (f-bb) entwickelt und erprobt.

Bayern Innovativ (Nürnberg) hat den Blick auf die Transformation hinsichtlich technologischer Entwicklungen, Zukunftsthemen sowie Veränderungen der Wertschöpfungsnetzwerke. Dazu existiert ein Ecosystem aus regionalen Netzwerken und weiteren Projektpartnern. Bayern Innovativ trägt auch Verantwortung für das übergreifende Projektmanagement, die Koordinierung der Akteure sowie die überregionale und bayernweite Vernetzung sowie die öffentlichkeitswirksame Kommunikation des Gesamtprojektes transform.by gestalten.

Inhalt

Impressum 2

Inhalt 3

1 Einleitung 4

2 Vielfalt der Ausgangslagen: Unternehmen und Beschäftigte in der Transformation 5

2.1 OEMs und Zulieferer: Kräfteverhältnisse im Wandel 6

2.2 Beschäftigte unter Veränderungsdruck: Wer ist wie betroffen? 8

2.3 Transformation im Automotive Engineering – Strukturwandel unter ungleichen Vorzeichen 13

3 Spannungsfelder der Transformation 14

3.1 Mechanisches Auto vs. smartes System 15

3.2. Hardware First vs. Software First 18

3.3 Wasserfallmodell vs. Agile 19

3.4 Geschlossene Innovationspartnerschaften vs. offene Innovationsökosysteme 21

3.5 Technologiegetriebenes Engineering vs. kunden- und marktorientiertes Systemverständnis 22

3.6 Erfahrungsbasiertes Engineering vs. datengestütztes virtuelles Engineering 24

3.7 Individuelle Spezialisierung vs. kollektive Lernschleifen 26

3.8 Engineering unter Spannung: Transformation statt Routine 27

4 Transformation in der betrieblichen Praxis: Handlungsfelder 28

4.1 Produktstrategie: Richtung geben im Wandel 29

4.2 Engineering-Organisation: strukturelle Herausforderungen in der Transformation 32

4.3 Globalisierung unter neuen Vorzeichen 42

4.4 Agile Engineering – zwischen Wunsch und Wirklichkeit 45

4.5 Digitale Transformation im Engineering – Der Handlungsdruck wächst 50

4.6 Strategische Kompetenzentwicklung – Schlüssel der Transformation 57

5 Fazit: Was jetzt zu tun ist 74

6 Literatur 76

7 Anhang 79

7.1 Duale Berufe im Engineering – Potenziale und Perspektiven 79

7.2 Das Ingenieurstudium unter Transformationsdruck 81

Mehr Reports 92

1 Einleitung

Die Automobilindustrie steht mitten in einer tiefgreifenden Transformation. Elektrifizierung, Digitalisierung und die Anforderungen des Klimaschutzes verändern nicht nur Produkte und Geschäftsmodelle, sondern auch die Art und Weise, wie Innovationen entstehen und wie Arbeit organisiert wird.

Im Zusammenspiel dieser grundlegenden Veränderungen geraten bisher erfolgreiche Strukturen ins Wanken. Neue Wettbewerber nutzen den Schwung von Elektrifizierung und Digitalisierung, um sich mit innovativen Produkten und Services auf dem Markt zu platzieren. Sie setzen Maßstäbe in Sachen Tempo, Kundenorientierung und digitaler Reife.

Das Engineering – lange Zeit der Innovationsmotor der Branche – steht im Brennpunkt dieses Wandels. Die Erwartungen bleiben hoch: neue Produkte, Technologien und Services sollen in immer kürzerer Zeit entwickelt, zur Marktreife gebracht und international wettbewerbsfähig gemacht werden. Doch zugleich wächst die Frage: Ist das Engineering in seiner heutigen Form überhaupt gerüstet, die gleichzeitigen Herausforderungen von Elektrifizierung, Digitalisierung, Klimaschutz und einer veränderten globalen Wettbewerbssituation zu meistern? Zweifel daran klingen sowohl im Management als auch bei den Beschäftigten an. Aus Führungsetagen heißt es: »zu teuer, zu langsam, zu wenig kostenorientiert«.

Entwicklerinnen und Entwickler dagegen berichten von einem Arbeitsalltag, der durch Reibungsverluste, ineffiziente Prozesse und fehlende Orientierung belastet ist: »Wir verbringen immer mehr Zeit damit, Fehler im System auszubügeln, statt wirklich zu entwickeln. Was früher Ausnahme war, ist heute Dauerzustand – und das zermürbt.«

So schwindet auf beiden Seiten das Vertrauen in die Zukunftsfähigkeit des Engineerings. Hinter dieser Sorge stehen keine Einzelfälle, sondern grundlegende Spannungsfelder der Transformation: Verbrenner vs. Elektro, Innovation vs. Kosten senken, Standardisierung vs. Flexibilität, Integration von Prozessen vs. Outsourcing. Im betrieblichen Alltag erschweren immer mehr grundlegende Zielkonflikte nicht nur strategische Entscheidungen – sie wirken auch täglich im operativen Geschäft und führen zu Überlastung, Doppelarbeiten und strategischer Unschärfe. Bleiben sie ungelöst, gerät die Transformation ins Stocken.

Dieser Report geht der Frage nach, wie das Engineering seine Zukunftsfähigkeit in der Transformation sichern kann. Er zeigt, wie Unternehmen und Beschäftigte mit typischen Spannungsfeldern und Zielkonflikten umgehen – und welche Handlungsmöglichkeiten sich daraus für die betriebliche Praxis ableiten lassen.

!? Für wen ist der Report gedacht?

Für alle, die die Engineering-Arbeit in der Transformation mitgestalten:

- **Personalverantwortliche, Change Manager und Organisationsentwickler**: für eine vorausschauende Personal- und Organisationsentwicklung

- **Betriebsräte & gewerkschaftliche Interessenvertretung**: für eine fundierte Bewertung und Mitgestaltung der Transformation
- **Führungskräfte & Entwicklungsleitungen**: für überzeugende Transformationsstrategien, die Mitarbeitende mitnehmen
- **Mitarbeitende im Engineering**: für Orientierung in einem sich fundamental verändernden Arbeitsfeld

Die Grundlage bilden Fallstudien aus der bayerischen Automobilindustrie im Rahmen des Projekts transform.by, ergänzt durch Expertengespräche und Recherchen.

Die Perspektive ist eine doppelte: analytisch, weil Transformation ohne Verständnis für ihre Widersprüche nicht gestaltbar ist. Und handlungsorientiert, weil sich aus diesen Spannungen auch neue Ansätze, Impulse und Lernräume ergeben – wenn sie sichtbar und bearbeitbar gemacht werden.

Der Report liefert keine einfachen Lösungen – sondern bietet Orientierung in einem komplexen Veränderungsprozess.

Kapitel 2 beschreibt die Vielfalt der Ausgangslagen: Transformation findet unter höchst unterschiedlichen Bedingungen statt.

Kapitel 3 zeigt, wo alte und neue Systemlogiken aufeinandertreffen und welche typischen Zielkonflikte daraus entstehen.

Kapitel 4 zeigt, wie Unternehmen und Beschäftigte damit umgehen und benennt Handlungsfelder für betriebliche Gestaltung.

2 Vielfalt der Ausgangslagen: Unternehmen und Beschäftigte in der Transformation

Die Transformation des Automotive Engineerings vollzieht sich unter sehr unterschiedlichen Bedingungen – bei OEMs (Original Equipment Manufacturer) und Zulieferern, Systemlieferanten, Engineering-Dienstleistern, Komponentenherstellern und nicht zuletzt bei den Beschäftigten mit ihren unterschiedlichen Rollen und Qualifikationen.

Dieses Kapitel will ein differenziertes Bild der Ausgangslagen und Betroffenheiten zeichnen, um deutlich zu machen: Transformation ist kein technologischer Trend. Es gibt keine Patentrezepte, die es lediglich umzusetzen gilt. Transformation ist eine tiefgreifende Veränderung, die Unternehmen und Beschäftigte unter sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen mit ihren Ressourcen bewältigen müssen. Statt von universellen Lösungen auszugehen, müssen diese Unterschiede in den Blick genommen und gezielt in die Strategieentwicklung einbezogen werden.

2.1 OEMs und Zulieferer: Kräfteverhältnisse im Wandel

Die Transformation trifft OEMs und Zulieferer nicht nur unterschiedlich stark – sie verschiebt auch Rollen, Abhängigkeiten und Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb der Branche. Während OEMs häufig als Taktgeber agieren, geraten viele Zulieferer in eine Position reaktiver Anpassung. Diese Asymmetrie verändert die Dynamik entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

OEMs: Strategischer Gestaltungsspielraum und neue Weichenstellungen

Die OEMs sind aufgrund ihrer zentralen Stellung in der Wertschöpfungskette in der Lage, die Transformation vorausschauend und mit eigenen Strategien zu gestalten. Sie haben bereits in die Transformation zur Elektromobilität investiert, verfügen hier mittlerweile über Erfahrung in Entwicklung und Produktion und sie setzen Maßstäbe in der Digitalisierung und Automatisierung von Produktionsprozessen. Sie sind bereits seit langem global verteilt aufgestellt, insbesondere in den neu entstandenen Innovationszentren in Indien oder China, und können diese Erfahrungen nutzen, um in neuen Kooperationen Innovationen voranzutreiben. Die Zusammenarbeit mit regionalen Zulieferern in Europa verändert sich so grundlegen.

Ein entscheidender Vorteil liegt zudem in der Fähigkeit der OEMs, ihre Fertigungstiefe je nach strategischer Ausrichtung flexibel zu steuern. Damit vermeiden sie riskante Pfadabhängigkeiten, sichern die Auslastung eigener Kapazitäten und halten zentrale Schlüsseltechnologien im Haus.

Diese strategischen Gestaltungsspielräume verschieben das Machtgefüge innerhalb der Branche weiter zugunsten der OEMs. Sie definieren Produkte und Prozesse und entscheiden damit über den Zugang von Zulieferern zu innovativen Projekten. Zudem geben sie in der Transformation mit ihren Experimenten, Lernprozessen und Rückschlägen den Takt für ihre Zulieferer vor. Diese strukturelle Dominanz wirkt tief in die Handlungsmöglichkeiten von Zulieferern hinein.

Anpassungsdruck und vertagte Transformation: Herausforderungen für Zulieferer

Die Folge sind eingeschränkte Handlungsspielräume und Transformationsblockaden bei vielen Zulieferern. Besonders Zulieferer mit hoher Abhängigkeit vom konventionellen Antriebsstrang sehen sich mit der Notwendigkeit einer vollständigen Neuausrichtung konfrontiert – häufig bei gleichzeitig noch hoher Auslastung, die ein vorausschauendes Handeln erschwert. Eine Orientierung auf neue, ggf. auch branchenfremde Produkte und Investitionen in Prozessinnovationen erscheint kaum möglich.

Aber auch Zulieferer, die weniger vom Verbrenner abhängig sind, sehen sich in hohem Maße von Entscheidungen der OEMs abhängig: detaillierte Lastenhefte zu Komponentenfunktionalitäten, schwankende Abrufmengen, Vorgaben zu Kosten und Standorten, Anforderungen an immer kürzere und flexiblere Entwicklungs- und Produktionsprozesse – diese Bedingungen lassen nur wenig Raum für vorausschauende, kundenunabhängige Strategiebildung.

Der Fokus liegt oftmals auf kurzfristigen Überlebensstrategien wie Kostensenkung, Standortverlagerung und der Sicherung bestehender Aufträge. Strategische Transformationsvorhaben werden

hingegen vertagt – mit Verweis auf fehlende Planungssicherheit, hohe Investitionsrisiken oder den weiterhin dominierenden Kostendruck.

»Das machen wir, wenn der Kostendruck nicht mehr so stark ist und die Rahmenbedingungen wieder stabiler sind.« – Ein typisches »Agieren im Überlebensmodus« (Strategy&, 2024). Die zentrale Herausforderung besteht darin, trotz des Kostendrucks über notwendige Weichenstellungen in der Transformation zu sprechen.

Unterschiede innerhalb der Zuliefererlandschaft: Die Rolle der Systemlieferanten

Innerhalb der Gruppe der Zulieferer sind die Herausforderungen ebenfalls unterschiedlich verteilt. Während viele spezialisierte Komponentenlieferanten besonders unter dem Druck der Plattformstrategien der OEMs leiden, die kaum Raum für eigene, kundenübergreifende Innovationen lassen, verfügen große Systemlieferanten etwa in den Bereichen E/E-Architekturen, Antriebssysteme oder Fahrerassistenz über erweiterte Gestaltungsspielräume. Sie versuchen, sich durch eigene Innovationen und ihre Entwicklungs- und Integrationskompetenzen als strategisch relevante Partner zu positionieren. Typischerweise liegt für diese Unternehmen die Herausforderung darin, nicht nur über Produktinnovationen nachzudenken, sondern auch über den Umbau von Prozessen, Strukturen, Arbeitsformen und Kompetenzen, um global mithalten zu können.

Engineering-Dienstleister: Zwischen neuen Chancen und wachsendem Wettbewerbsdruck

Neben klassischen Zulieferern sind auch Engineering-Dienstleister von den Veränderungen im Automotive Engineering betroffen. Als externe Entwicklungspartner übernehmen sie Teilaufgaben in der Fahrzeugentwicklung – von Konzeptstudien bis hin zu Softwareentwicklung und Testing.

Mit dem Wandel hin zu softwarebasierten, vernetzten Fahrzeugsystemen ergeben sich für Engineering-Dienstleister neue Chancen, etwa durch erweiterte Aufgabenfelder im Bereich E/E-Architekturen, Fahrerassistenzsysteme, Data Engineering und Systemintegration oder durch eine wachsende Nachfrage nach spezialisierter Expertise bei kurzen Entwicklungszeiten und hoher Flexibilität.

Gleichzeitig steigen für sie die Anforderungen an Qualität, Skalierbarkeit und Innovationsfähigkeit deutlich. Engineering-Dienstleister stehen unter dem Druck, ihr eigenes Dienstleistungsportfolio an die neuen Anforderungen der OEMs und Systemlieferanten sowie globaler Märkte anzupassen – sowohl technologisch als auch organisatorisch.

Zudem intensiviert sich der Wettbewerb: neue Player – insbesondere aus dem IT- und Softwarebereich – treten verstärkt als Entwicklungsdienstleister auf und verändern die bisherigen Marktstrukturen. Auch bei Engineering-Dienstleistern gilt: die Fähigkeit, sich auf die neuen Systemlogiken, Mobilitätskonzepte und Kooperationsanforderungen einzustellen, wird zunehmend zum entscheidenden Erfolgsfaktor.

Veränderte Kräfteverhältnisse: Wer gestaltet, wer reagiert?

Die Transformation führt nicht nur zu technologischen Umbrüchen, sondern auch zu einer Verschiebung der Kräfteverhältnisse in der Branche. Die bisherige arbeitsteilige Ordnung mit relativ stabilen Rollenverteilungen wird infrage gestellt. An ihre Stelle tritt ein dynamischeres, aber auch konflikt-

trächtigeres Gefüge, in dem sich die Frage nach strategischer Souveränität, Wertschöpfung und Gestaltungsmacht neu stellt.

OEMs müssen sich als Systemarchitekten und Taktgeber für Innovationen neu positionieren – etwa durch Plattformstrategien, Softwarearchitekturen und globale Präsenz in neuen Märkten und Innovationszentren. Neue Wettwerber haben hier in entscheidenden Themen wie Software und E-Mobilität die Nase vorn und setzen neue Standards.

Viele Zulieferer geraten vermehrt in die Rolle der Getriebenen. Eigenständige Transformationsstrategien sind unter hohem Kostendruck und strategischer Abhängigkeit schwer umzusetzen. Mit ihrem »Agieren im Überlebensmodus« drohen sie jedoch den Anschluss zu verlieren an neue Spielregeln in der globalen Automobilindustrie in einer digital vernetzten Welt. Gerade diese Zulieferer sind aktuell gefordert, über enge kostenorientierte Strategien hinauszudenken und das Thema Transformation mit dem Willen zu Innovation und struktureller Veränderung auf die Tagesordnung zu setzen.

2.2 Beschäftigte unter Veränderungsdruck: Wer ist wie betroffen?

Auch bei den Beschäftigten kann von einem einheitlichen Bild nicht die Rede sein: Die Veränderungsdynamik trifft auf eine vielfältige Belegschaft mit unterschiedlichen Aufgaben, Qualifikationen und Erfahrungen.

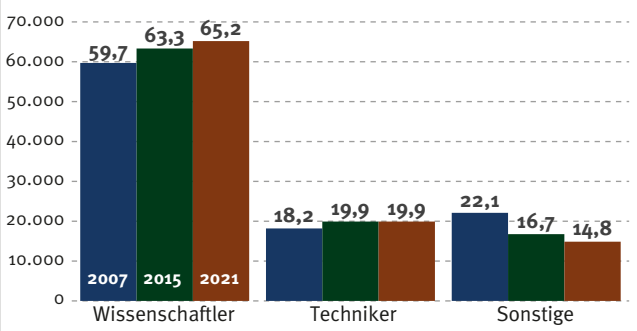
Dieses Kapitel gibt einen ersten Überblick: welche Beschäftigtengruppen prägen das Automotive Engineering? Wer ist betroffen – und in welcher Weise?

Ohne dabei schon in die Tiefe der Ursachen oder Handlungsoptionen einzutauchen, soll eines deutlich werden: Wer die Transformation gestalten will, muss die unterschiedlichen Betroffenheiten erkennen und ernst nehmen. Denn pauschale Lösungen greifen zu kurz – und übersehen gleichermaßen Risiken und Möglichkeiten eines strategischen Personalmanagements.

2.2.1 Beschäftigungsstruktur im Überblick

Die Zahl der F&E-Beschäftigten in der Automobilbranche bewegt sich weiterhin auf hohem Niveau. Im Jahr 2021 waren rund 147.000 Menschen bei Herstellern von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29) beschäftigt – das entspricht etwa 137.000 Vollzeitäquivalenten. Die Branche zählt damit zu den forschungsintensivsten Industrien Deutschlands (Stifterverband 2023).

Abb. 1: Beschäftigtenstruktur F&E nach Qualifikationsniveau, in %



Quelle: Stifterverband, eigene Berechnungen

Nach einem langjährigen Beschäftigungswachstum hat die Corona-Pandemie auch beim F&E-

Personal zu einem Rückgang geführt. Im Jahr 2021 lag das Beschäftigungsniveau noch leicht unter dem Stand vor der Pandemie.

Unterschiedliche Ausgangslagen im Blick: Akademiker, Techniker und Facharbeiter

Das Automotive Engineering wird nicht nur durch Ingenieurinnen und Ingenieure geprägt. Eine zentrale Rolle spielen auch technische Fachkräfte wie Technische Zeichner:innen, Produktdesigner:innen, Systemplaner:innen, Techniker:innen, Meister:innen und Facharbeiter:innen. Sie bringen – neben ihrer formalen Qualifikation – vor allem praktische Erfahrung und Experimentieren in die Entwicklung ein und tragen wesentlich zur Innovationskraft der Branche bei.

Definition Wissenschaftler, Techniker und Sonstige beim Stifterverband

Unter »Wissenschaftler« fasst der Stifterverband Ingenieure und andere Hochschulabsolventen. »Techniker« sind Mitarbeiter, die MINT-Ausbildungsberufe (z. B. technische Zeichner/Produktdesigner, technische Systemplaner, Modellbauer) und/oder Weiterbildungsberufe wie Techniker, Konstrukteur oder CAD-Fachkraft ausüben. Unter »Sonstiges« fallen Facharbeiter, ungelernte und angelernte Hilfskräfte sowie Buchhalter, Lagerverwalter, Verwaltungssachbearbeiter und Schreibkräfte, die direkt im FuE-Bereich tätig sind. (https://www.stifterverband.org/zahlenwerk_2023)

Für die betriebliche Bewältigung der Transformation ist nicht nur entscheidend, wie viele Beschäftigte im Engineering tätig sind – sondern auch, welchen beruflichen Hintergrund sie mitbringen. Die Aufgabenzuschnitte, Lernbedarfe und Handlungsoptionen unterscheiden sich je nach Berufsprofil teils erheblich.

Ingenieur:innen übernehmen in der Regel abstrakte Entwicklungs- und Steuerungsaufgaben, während Facharbeiter:innen, Techniker:innen und andere praxisnahe Berufsgruppen stärker im direkten Umgang mit Komponenten, Tests oder Prototypen tätig sind.

Die Arbeitsteilung zwischen akademischen und nicht-akademischen Berufsgruppen ist dabei keineswegs starr. Sie variiert je nach betrieblicher Arbeitsgestaltung und danach, welche Berufsgruppen für bestimmte Aufgaben erfolgreich die Zuständigkeit für sich beanspruchen können.

In den letzten Jahrzehnten hat sich allerdings eine deutliche Verschiebung in der Qualifikationsstruktur vollzogen: Der Anteil hochqualifizierter Beschäftigter, insbesondere von Ingenieur:innen, ist kontinuierlich gestiegen – in der Automobilbranche auf inzwischen rund 65 %. 1983 lag der Anteil noch bei ca. 33 %. Ingenieur:innen – unterstützt durch starke berufsständische Vertretungen wie den VDI – ist es gelungen, ihre Zuständigkeit für Entwicklungstätigkeiten öffentlich wie betrieblich zu etablieren und zu sichern. Damit verfestigt sich das Bild einer nahezu exklusiven Verantwortung der akademischen Berufsgruppen für Innovation.

Vorschnell wird der Schluss gezogen, dass z. B. Techniker:innen und Facharbeiter:innen in der Entwicklung neuer Produkte und in softwaregestützten Prozessen z. B. im Testing immer weniger Aufgaben übernehmen können. Die Relevanz ihres Erfahrungswissens und ihrer Fachkompetenz findet immer weniger Anerkennung. Strategien zur Kompetenzentwicklung und Arbeitsgestaltung im Engineering blenden ihre Potenziale aus. So werden Chancen verpasst, Fachkräfte mit praxisnahem

Erfahrungswissen und einer hohen anwendungsbezogenen Fachkompetenz in der Entwicklung zu halten und mit ihnen Prozesse schneller und resilienter zu gestalten.

Ein differenzierter Blick auf den beruflichen Hintergrund ist eine Grundvoraussetzung, um Zielgruppen passgenau anzusprechen – sei es in der Qualifizierung, der Kommunikation von Strategien oder in der Gestaltung von Rollen und Verantwortung.

Akademiker, Techniker und Facharbeiter im Vergleich

Gruppe	Typische Aufgaben im Engineering	Stärken / Ressourcen
Akademiker	Systementwicklung, Konzeptarbeit, Simulation, Projektleitung	Theoretisch-abstraktes Systemverständnis, Methodenkompetenz
Technische Fachkräfte	Aufgaben mit Umsetzungs-, Detaillierungs-, Test- und Dokumentationsschwerpunkt, wichtige Brückenfunktionen zwischen Theorie und Praxis	technikübergreifende Erfahrung, anwendungsbezogenes Systemverständnis, Vermittlung zwischen Theorie und Praxis
Facharbeiter	Prototypenbau, Prüfstand, Mess- und Diagnosetätigkeiten, Montage	Praxiserfahrung, Intuition, handlungsorientiertes Wissen, Prozesswissen, Tool-Kompetenz

2.2.2. Mechanik, Elektronik, Software: Wer wie gefordert ist

Neben Unterschieden im Qualifikationsniveau wirkt sich auch die fachliche Zugehörigkeit der Beschäftigten entscheidend darauf aus, wie die Transformation erlebt wird und welche Herausforderungen sich stellen. Denn die Entwicklungstätigkeit im Automotive Engineering ist nicht homogen, sondern stark disziplinär geprägt – mit teils deutlich unterschiedlichem Selbstverständnis, Aufgabenprofil und Veränderungsdruck.

Traditionell lässt sich die Entwicklung grob in drei zentrale Bereiche gliedern: **Mechanik, Elektronik** und **Software**. Diese Disziplinen haben sich historisch als getrennte Kompetenzfelder etabliert, mit jeweils eigenen Denkweisen, Vorgehensmodellen und Werkzeugen. Im Zuge der Transformation sollen sie nun enger zusammenarbeiten – doch genau hier zeigen sich Spannungen.

Mechanikorientierte Beschäftigte, etwa in Konstruktion oder Prüfstand, verfügen häufig über langjährige Erfahrung im Umgang mit physischen Komponenten, Werkstoffen und Prozessen. Ihr Wissen ist stark praxis- und erfahrungsbasiert. Mit der zunehmenden Digitalisierung, der Modellbildung und der Verlagerung in virtuelle Entwicklungsumgebungen wird dieses Erfahrungswissen weniger sichtbar, teils sogar entwertet. Gleichzeitig entstehen neue Anforderungen, etwa an Systemverständnis und die Nutzung abstrakter digitaler Werkzeuge, die nicht automatisch mit vorhandenen Kompetenzen oder Rollenprofilen verknüpft sind.

Elektronikorientierte Beschäftigte sind oft Mittler zwischen Hardware und Software. Sie stehen unter starkem Integrationsdruck, denn moderne Systeme wie etwa Fahrerassistenz oder E/E-Architekturen erfordern komplexe Schnittstellen zwischen physischen Komponenten und digitaler Steuerung. Diese Gruppe ist mit einem besonders hohen Bedarf an interdisziplinärer Abstimmung konfrontiert.

Softwareentwickler:innen schließlich gewinnen in der Produktentwicklung an Bedeutung. Sie bringen andere Arbeitsweisen mit wie etwa agile Entwicklungsmethoden und sehen das Fahrzeug zunehmend als daten- und softwaredefiniertes System. Doch genau hier entstehen kulturelle Reibungen: Viele Engineering-Prozesse sind noch stark durch klassische Entwicklungslogiken, Phasenmodelle und disziplinäre Zuständigkeiten geprägt. Für Softwareentwickler:innen fehlt es daher oft an geeigneter Einbindung, an Entscheidungsspielraum oder an agilen Arbeitsformen. Dabei ist ein Teil der Softwareentwickler:innen weiterhin stark durch die Engineering-Perspektive auf Embedded Software geprägt – also durch Anforderungen, die sich aus der Integration in spezifische Steuergeräte, Normen und Sicherheitslogiken ergeben. Doch parallel dazu hält ein neuer Typ von Softwareentwickler:innen Einzug, der stärker aus der Perspektive von Systemarchitektur, User Experience und datengetriebener Funktionalität denkt. Sie verstehen Fahrzeugfunktionen nicht mehr nur als lokal eingebettete Anwendungen, sondern als Teil eines vernetzten, übergreifenden digitalen Ökosystems.

Insgesamt zeigt sich: die Transformation fordert nicht nur neue Kompetenzen – sie verschiebt auch die disziplinären Kräfteverhältnisse im Engineering. Beschäftigte erleben diese Veränderungen unterschiedlich, je nachdem, ob ihre Fachlichkeit als »zukunftstragend«, »integrierend« oder als »altbewährt, aber unter Druck« wahrgenommen wird. Damit entstehen neue Spannungsfelder, die sich auf Zusammenarbeit, Rollenverständnis, Motivation und Zukunftsperspektiven auswirken – und im weiteren Verlauf des Reports vertieft betrachtet werden.

2.2.3 Fachkräftemangel oder Strategielücke?

Fachkräftemangel ist in der öffentlichen Debatte zur Transformation der Automobilindustrie ein Dauerthema. Auch in den Fallstudien des Projekts zeigt sich: der Mangel an qualifizierten Beschäftigten im Engineering wird in vielen Unternehmen als zentrales Problem wahrgenommen. Gleichzeitig bleibt oft unklar, wovon genau gesprochen wird, wenn von einem »Fachkräftemangel« die Rede ist. Ist es ein tatsächlicher Mangel an geeigneten Bewerber:innen? Oder spiegeln sich darin auch strategische Defizite in Personalentwicklung, Rekrutierung oder der betrieblichen Organisation von Wissen?

Dieses Kapitel liefert einen ersten Überblick: es stellt aktuelle Daten zu Engpassberufen vor, zeigt Unterschiede zwischen Fachkraft- und Expertenebene auf und verweist auf Deutungsmuster, die uns in der Praxis begegnet sind.

Engpassanalysen und differenzierte Fachkräftebedarfe

Allgegenwärtig sind aktuell Fachkräfteengpässe. Die Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (BA) liefert einen detaillierten Überblick über Berufe, in denen (branchenübergreifen) ein Mangel an Fachkräften festzustellen ist. Ab einem Indikatorwert von 2,0 schließt die BA auf einen Engpassberuf; Werte zwischen 1,5 und 2,0 markieren Berufe »unter Beobachtung«.

Engpassanalyse automotiverelevanter Berufe		
Beruf	**Fachkraft**	**Experte**
Automatisierungstechnik	**2,3**	1,7
Elektrotechnik	**2,2**	1,8
Informatik	1,2	1,7
Informations- und Telekommunikationstechnik	1,7	1,7
Kraftfahrzeugtechnik	**2,3**	1,8
Maschinenbau	1,7	1,7
Maschinen- und Anlagenführung	1,3	-
Mechatronik	**2,5**	1,8
Regenerative Energietechnik	**2,2**	1,0
Softwareentwicklung	1,2	**2,2**
Technische Forschung	-	1,7
Technische Informatik	1,5	1,5
Technische Qualitätssicherung	1,3	1,7

Quelle: Bundesagentur für Arbeit 2024

Eindeutig als Engpassberufe definiert sind demnach auf Fachkraftebene Berufe in der Mechatronik, Automatisierungstechnik, Kraftfahrzeugtechnik, Elektrotechnik und der regenerativen Energietechnik. Auf Expertenebene zeigt sich ein anderes Bild: Hier sind es vor allem Berufe in der Softwareentwicklung, die einen erheblichen Fachkräfteengpass aufweisen.

Auffällig ist, dass die Vakanzzeiten – also die durchschnittliche Dauer bis zur Besetzung einer Stelle – bei Fachkräften deutlich höher sind als bei Expert:innen. In den sechs zentralen Engpassberufen auf Fachkraftebene liegt die Vakanzzeit bei weit über 100 Tagen. Das bedeutet: Die Besetzung freier Stellen mit beruflich Qualifizierten dauert länger als mit akademisch Ausgebildeten – ein wichtiges, aber oft übersehenes Detail in der Debatte.

Fachkräftemangel und Personalstrategie

Im Kontext der skizzierten Transformationstrends im Automotive-Engineering sind diese branchenübergreifenden Engpässe von besonderer Bedeutung. Mechatronik, Softwareentwicklung und Informations- und Telekommunikationstechnik sind zentrale Kompetenzfelder z. B. in Innovationsthemen Electric Drive, Autonomous Driving & ADAS sowie Infotainment & Connectivity, Kompetenzen zu regenerativer Energietechnik kommen z. B. bei EV-Ecosystems ins Spiel. Schwierigkeiten, geeignete Fachkräfte zu gewinnen, um Produkt- und Prozessinnovationen schnell umzusetzen, können für Unternehmen ein erheblicher Hemmschuh in der erfolgreichen Bewältigung der Transformation darstellen.

Insofern ist das Thema Fachkräftemangel auch in unseren Fallstudien ein allgegenwärtiges Thema. Doch vielfach wurde der Begriff »Fachkräftemangel« auch als Sammelbegriff für Problemlagen verwendet, die auf ganz andere Ursachen hindeuten – etwa Einstellungsstopps, mangelnde übergreifende Personalplanung, fehlende Investitionen in Kompetenzentwicklung oder das Fehlen von Entwicklungsperspektiven für bestehendes Personal.

Hinzu kommt ein weiteres Phänomen, das sich nicht unmittelbar in Zahlen fassen lässt, in den Interviews aber wiederholt genannt wurde: die wachsende Unsicherheit vieler Beschäftigter hinsichtlich ihrer eigenen Zukunft im Unternehmen. Besonders bei Beschäftigten mit technischer Ausbildung

ohne akademischen Abschluss bestehen oft Zweifel, wie ihre Rolle sich in einer digitalisierten, modellbasierten Entwicklungsumgebung verändert – und ob sie im neuen System noch gebraucht werden. Hier fehlt es vielerorts an klarer Kommunikation, transparenter Kompetenzplanung und realistischen Weiterentwicklungspfaden.

Die Folge sind Demotivation, Sinnverlust oder stille Rückzugsbewegungen. Für Unternehmen bedeutet das: Nicht nur offene Stellen sind ein Risiko – sondern auch der Verlust an Bindung, Engagement und Entwicklungsbereitschaft bei den bereits vorhandenen Beschäftigten.

In solchen Fällen kann der Verweis auf einen Fachkräftemangel auch Ausdruck strategischer Orientierungslosigkeit sein – oder ein Ersatzargument für Probleme, die auf Ebene der Organisation und Führung liegen. Er sollte in jedem Fall ernst genommen, aber nicht vorschnell als alleinige Ursache akzeptiert werden.

Fachkräftemangel als Symptom – worauf er wirklich hinweisen kann

1. **Fehlende Personalstrategie**: es gibt keinen klaren Plan, wie sich Kompetenzen, Rollen und Kapazitäten in den nächsten Jahren entwickeln sollen.
2. **Ungenutzte Kompetenzen**: interne Entwicklungspfade fehlen oder sind blockiert – Kompetenzen der Mitarbeitenden werden nicht eingesetzt und weiterentwickelt.
3. **Einstellungsstopp trotz Bedarf**: gesucht wird nur auf dem Papier – faktisch dürfen keine neuen Stellen geschaffen oder besetzt werden.
4. **Unattraktive Rahmenbedingungen**: die angebotenen Aufgaben, Perspektiven oder Arbeitsbedingungen schrecken geeignete Kandidat:innen ab.
5. **Mangelnde Arbeitsgestaltung**: neue Anforderungen an Flexibilität, steigende Komplexität von Aufgaben oder neue digitale Infrastrukturen werden nicht zum Anlass genommen, Arbeitssysteme neu zu gestalten und dabei unterschiedliche Kompetenzen strategisch verankern.
6. **Unklare Zukunftsbilder**: niemand weiß genau, wohin sich das Engineering entwickelt – Unsicherheit und fehlende Wertschätzung von Kompetenzen lähmen Engagement und Bindung.

2.3 Transformation im Automotive Engineering – Strukturwandel unter ungleichen Vorzeichen

Die Transformation der Branche verläuft asymmetrisch: während OEMs versuchen, ihre Rolle als Systemarchitekten zu stärken und die Kontrolle über Plattformen, Software und Innovationen zu erhalten oder auszubauen, geraten viele Zulieferer unter erheblichen Anpassungsdruck. Ihre Chancen, sich erfolgreich in den neuen globalen Wertschöpfungsketten zu etablieren, erscheinen mehr als ungewiss, so lange es nicht gelingt, Transformationsblockaden zu lösen. Hier ist die Strategiekompetenz im Management gefordert, aber auch eine Industriepolitik, die gegensteuert und Handlungsspielräume wieder erweitert.

Zugleich zeigt sich: Engineering ist nicht nur technologisch komplex, sondern auch sozial und organisatorisch vielschichtig. Beschäftigte bringen je nach Rolle, Qualifikation, disziplinärer Herkunft

und Erfahrung unterschiedliche Perspektiven, Kompetenzen und Entwicklungsbedarfe ein. Die Beschäftigtenstruktur hat sich dabei nochmals in Richtung akademischer Berufsgruppen verschoben. Für Beschäftigte ohne Hochschulabschluss bedeutet das häufig: Ihre Potenziale werden nicht systematisch genutzt – und sie erhalten nur begrenzt Zugang zu Weiterentwicklung und erweiterten Aufgaben.

Vor diesem Hintergrund sind auch die Debatten über den Fachkräftemangel differenziert zu führen. In einigen Bereichen bestehen reale Engpässe – etwa in der Softwareentwicklung oder bei bestimmten Spezialkompetenzen. Gleichzeitig aber bleiben interne Potenziale vieler Fachkräfte ungenutzt. Fachkräftesicherung bedeutet deshalb nicht nur Rekrutierung, sondern auch eine strategische Neuausrichtung von Rollen, Aufgaben und Entwicklungspfaden im Engineering.

Zum Weiterlesen

- Boes, Andreas (2021): Die deutschen Zulieferer und der Umbruch der Automobilindustrie, München. https://idguzda.de/blog/die-deutschen-zulieferer-und-der-umbruch-der-automobilindustrie/
- Boes, Andreas; Ziegler, Alexander (2021): Umbruch in der Automobilindustrie, München. (https://doi.org/10.36194/IDGUZDA_Forschungsbericht_Auto)
- Bundesagentur für Arbeit (2023): Engpassanalyse. Bietet differenzierte Daten zu Fachkräftebedarfen nach Beruf und Qualifikationsniveau, auch für Ingenieur- und Technikerberufe im Automotive-Bereich. URL:: https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Statistische-Analysen/Fachkraeftebedarf/fachkraeftebedarf-nav.html
- e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue; Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg (Hrsg.) (2023): Strukturstudie BW 2023. Transformation der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie in Baden-Württemberg durch Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung. https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW_Strukturstudie_BW_2023.pdf
- Leffers, Nina; Stahl, Martin; Maihöfer, Andreas (2020): Der Wertschöpfungsbeitrag der EDL-Branche in der global transformierten Automobilindustrie. Eine Studie des Verbands der Automobilindustrie e. V. (VDA) in Zusammenarbeit mit Stahl Automotive Consulting GmbH (SAC), (Materialien zur Automobilindustrie). Berlin https://www.vda.de/de/aktuelles/publikationen/publication/der-wertsch-pfungsbeitrag-der-edl-branche-in-der-global-transformierten-automobilindustrie)
- Otto-Brenner-Stiftung (2020): Auto- und Zulieferindustrie in der Transformation. Beschäftigtenperspektiven aus fünf Bundesländern – mit Fokus auf Veränderungen in Qualifikation, Tätigkeitsprofilen und Beschäftigungssicherheit. https://www.otto-brenner-shop.de/publikationen/obs-arbeitshefte/auto-und-zulieferindustrie-in-der-transformation/
- Strategy& (2024): Die Neu(er)findung der Automobilzulieferindustrie. Automotive Supplier Study. PwC. https://www.strategyand.pwc.com/de/de/branchen/automobil/automobilzulieferer.html?utm_source=chatgpt.com
- Stifterverband (2023). Tabellenband Zahlenwerk 2023. Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2021. https://www.stifterverband.org/zahlenwerk_2023

3 Spannungsfelder der Transformation

Oft wird Transformation als klarer, planbarer Ablauf verstanden – mit einem definierten Startpunkt, aufeinanderfolgenden Phasen und einem vorhersehbaren Ziel. Die Realität nicht nur im Engineering sieht jedoch anders aus: Die Transformation ist kein linearer Prozess. Stattdessen verläuft sie

in Schleifen, mit Rückschritten, parallelen Entwicklungen und unerwarteten Wendungen – getrieben von technologischen Sprüngen, veränderten Marktbedingungen und internen Anpassungsprozessen an häufig widersprüchliche Anforderungen: Innovationsdruck trifft auf Sparzwänge, Standardisierung auf Flexibilitätsanforderungen, Fachlogik auf Systemlogik, agiles Arbeiten auf starre Linienorganisation. Spannungen wie diese sind in der Transformation kein Zeichen für Scheitern – sie sind Ausdruck eines tiefgreifenden Wandels, der gestaltet werden muss.

Dieses Kapitel macht typische Spannungsfelder sichtbar, die sich quer durch Organisation, Produktentwicklung und Arbeitsprozesse ziehen. Sie zeigen, wo alte und neue Logiken aufeinandertreffen, welche Zielkonflikte sich daraus ergeben – und worin die Herausforderungen, aber auch die Potenziale für betriebliche Gestaltung liegen.

In Spannungsfeldern denken statt nach linearen Trends suchen!

Das Denken in Spannungsfeldern ermöglicht die Transformation als mehrdimensionalen Prozess und als lernende Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Entwicklungsrichtungen, Zielsetzungen und Weichenstellungen zu verstehen.

So kann man erkennen, wo Veränderungen notwendig sind und wo zwischen welchen Optionen, Zielkonflikten oder Prioritäten Entscheidungen anstehen.

Strategische Handlungsfelder können klarer bestimmt werden.

3.1 Mechanisches Auto vs. smartes System

Mit der Digitalisierung verändert sich nicht nur das Auto – auch das Verständnis davon, was ein Auto eigentlich ist und aus welchen Komponenten es besteht, wandelt sich grundlegend.

Früher stand die Mechanik im Mittelpunkt. Heute entstehen zunehmend softwarebasierte, vernetzte Systeme, die weit über die klassische Technik hinausgehen. Hier geht es nicht um etwas mehr Softwarekompetenz. Vielmehr wird die gewohnte Entwicklungslogik auf den Kopf gestellt: statt einzelne Komponenten zu konstruieren, geht es immer häufiger darum, komplexe Systemarchitekturen zu gestalten – über Disziplingrenzen hinweg, mit neuen Rollen, neuen Tools und neuen Denkweisen.

Ausgangspunkt: Was war bisher typisch?

Das klassische Fahrzeugverständnis ist stark von der Mechanik geprägt. Über Jahrzehnte hinweg galt das Auto als ein komplexes, aber in sich geschlossenes System aus Bauteilen, Baugruppen und mechatronischen Komponenten, das primär physische Mobilität ermöglichen sollte. Der Fokus lag auf Motor, Getriebe, Fahrwerk und Karosserie. Elektronik und Software spielten eine unterstützende Rolle, meist zur Steuerung einzelner Funktionen. Die Anforderungen wurden präzise in Lastenheften beschrieben und anschließend arbeitsteilig abgearbeitet. Innovationen bezogen sich häufig auf einzelne Komponenten – etwa leichtere Materialien, präzisere Fertigung oder leistungsfähigere Antriebe. Die Entwicklungszyklen waren lang, Änderungen während des Prozesses kostspielig und

selten. Die Mechanik war die dominierende Disziplin; sie prägte nicht nur das Fahrzeugkonzept, sondern auch Denkweise, Sprache und Selbstverständnis im Engineering.

Herausforderung: Vom mechanischen Auto zum smarten System

Statt mechanisch dominierter Einzellösungen rückt heute ein neues Verständnis des Autos in den Mittelpunkt: als smartes System – softwarebasiert, vernetzt und dynamisch anpassbar. Solche Fahrzeuge sind keine bloße Weiterentwicklung klassischer Technik, sondern folgen einer grundlegend anderen Logik: vernetzt statt abgeschlossen, datenbasiert statt komponentenfixiert, eingebettet in digitale Ökosysteme statt statisch für sich allein. Sie verbinden Mechanik, Elektronik, Software und externe Datenquellen – etwa bei Over-the-Air-Updates und datengetriebenen Services.

Damit verschieben sich nicht nur technische Anforderungen, sondern auch die Prinzipien der Produktentwicklung.

Für das Engineering heißt das: Entwicklung wird zur interdisziplinären Systemarbeit – über Domänen, Disziplinen, Abteilungsgrenzen und Lebenszyklen hinweg.

Spannungsfeld: Traditionelles Engineering trifft auf neue Systemlogik

In der betrieblichen Praxis erleben wir diesen Übergang von der Mechanik zum smarten System nicht als linearen Wandel, sondern als Spannungsfeld zwischen alten und neuen Logiken. Beide Denkweisen existieren derzeit parallel – und prallen im Alltag häufig aufeinander.

Engineering zwischen alten und neuen Logiken

Traditionelles Systemverständnis	Smartes Systemverständnis
Abgeschlossenes System mit festgelegten Funktionen zum Zeitpunkt der Markteinführung	Offenes, vernetztes System mit dynamischen Funktionen, die sich durch Software-Updates und Datenservices weiterentwickeln
Komponentenorientierte Entwicklung	Architektur- und plattformzentrierte Entwicklung
Mechanische Integration im Vordergrund	Integration über Software, Daten und Elektronik
Stabile Anforderungen und lange Entwicklungszyklen	Agile, anpassungsfähige Entwicklung über Lebenszyklen
Funktionalität lokal im Fahrzeug verankert	Funktionalität verteilt über Fahrzeug, Cloud, Infrastruktur

Doch in vielen Unternehmen wird dieses Spannungsfeld nicht klar benannt – und genau darin liegt ein Problem. Statt die widersprüchlichen Logiken systematisch zu analysieren, erscheinen die Folgen oft als isolierte Einzelprobleme: unklare Zuständigkeiten, stockende Projekte, Reibungen an Schnittstellen. Was tatsächlich Ausdruck eines tieferliegenden Strukturwandels ist, wird dann als Führungsproblem, Toolfrage oder Teamkonflikt gedeutet – und entsprechend punktuell statt strategisch angegangen.

Typische Zielkonflikte und Symptome im Engineering smarter Produkte	
Zielkonflikt	**Typische Symptome**
Planbarkeit vs. Agilität	• Unklare Projektsteuerung zwischen langer Meilensteinplanung und Flexibilitätsanforderungen • Verzögerungen und Qualitätseinbußen • Reibungen zwischen Wasserfall-Logik und agilen Teams • Überlastung und Motivationsprobleme • Konflikte an Schnittstellen
Lokale Verantwortung vs. Systemverantwortung	• Unklare Zuständigkeiten, Hin- und Herschieben von Problemen • Fehlende Gesamtverantwortung: Doppelarbeiten Abstimmungsprobleme • Konflikte zwischen lokalen Eigenlogiken etwa in der globalen Zusammenarbeit
Stabilität vs. Änderungsfähigkeit	• Releasezyklen von Hardware und Software passen nicht zusammen • Fehlende Ressourcen für »Post-SOP-Entwicklung« • Uneinigkeit, wann ein Produkt fertig ist • Konflikte zwischen Plattformpflege und Innovation • Überlastung durch Änderungswünsche
Disziplinlogik vs. funktionsübergreifender Architektur	• Abgrenzungs- und Kulturkonflikte zwischen Bereichen und Disziplinen • Integrationsprobleme durch fehlendes Systemverständnis • Überlastung der Schnittstellenrollen
Technische Lösung vs. datenbasierter Servicefokus	• Unsicherheit bei Anforderungen • Zielkonflikte zwischen Funktionalität und Kundenerlebnis
Produktdenken (Fahrzeug als Ziel) vs. Systemdenken (Fahrzeug als Teil eines Ökosystems)	• Mangelnde Anschlussfähigkeit an Plattformen (z. B. Lade-Apps), • Zielkonflikte zwischen Engineering und Serviceentwicklung

Diese Zielkonflikte zeigen sich in der täglichen Praxis meist nicht als strategische Grundsatzfragen, sondern in Form kleiner, aber kontinuierlich wirkender Reibungen im Arbeitsalltag. Gerade ihre Unsichtbarkeit macht sie zu einem kritischen Faktor für Motivation, Qualität und Innovationsfähigkeit im Engineering.

Schlüsselherausforderung: Systemisch statt isoliert denken

Wer mit smarten Systemen arbeitet, muss Widersprüche aushalten und aktiv gestalten – statt sie hinter Fachgrenzen zu verstecken. Gefragt ist ein Engineering, das mechanische, elektronische und softwarebasierte Aspekte gemeinsam denkt, Zielkonflikte offen adressiert und über disziplinäre Silos hinweg Verantwortung übernimmt.

Exkurs: Advanced Systems Engineering (ASE)

Mit der Zunahme smarter, vernetzter Produkte wächst auch der Bedarf einer Neuausrichtung des Engineerings an einem erweiterten Systemverständnis.

Das Konzept des Advanced Systems Engineering (ASE), wie es in der Leitinitiative von Albers et al. (2022) formuliert wird, beschreibt genau diesen Wandel: Weg von einer linearen, disziplinorientierten Entwicklung hin zu einem systemisch integrierten, kooperativen und lernfähigen Engineeringverständnis.

Albers, A. et al. (2022): Strategie Advanced Systems Engineering. Leitinitiative zur Zukunft des Engineering- und Innovationsstandorts Deutschland, München.

3.2. Hardware First vs. Software First

Ausgangspunkt: »Hardware First« in der Entwicklung

Über Jahrzehnte folgte die Fahrzeugentwicklung dem Paradigma »Hardware First«. Im Zentrum standen mechanische und elektronische Komponenten, die auf funktionale Stabilität, Sicherheit und Ausfallsicherheit hin optimiert wurden. Software diente überwiegend als unterstützendes Element – zur Steuerung, Regelung oder Absicherung der Hardwarefunktionen (z. B. ABS, ESP, Motorsteuerung). Entwicklungsprozesse waren weitgehend linear organisiert, mit dem Ziel, zur Serienfreigabe ein vollständig getestetes Produkt bereitzustellen. Innovation war dabei oft gleichbedeutend mit Bauteiloptimierung.

Wandel: Der Übergang zu »Software First«

Mit der Digitalisierung und zunehmenden Vernetzung verschiebt sich das Entwicklungsverständnis grundlegend. Das neue Leitbild lautet: »Software First«. Funktionalität entsteht hier nicht mehr in erster Linie durch mechanische Komponenten, sondern durch softwarebasierte Steuerung, Konnektivität und Updatefähigkeit. Fahrzeuge werden als »Software defined Vehicles« konzipiert – als Plattformen, die über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg digital erweitert, angepasst und vernetzt betrieben werden können.

In dieser Logik wird Software nicht mehr additiv ergänzt, sondern zum Ausgangspunkt der Systemarchitektur. Entwicklungsprozesse folgen zunehmend iterativen, agilen Prinzipien, erfordern flexible Plattformen, ein dynamisches Zusammenspiel von Software-, Hardware- und Datenarchitekturen sowie eine Organisation, in der sich »Software First« abbildet.

Spannungsfeld: »Hardware First« trifft auf »Software First«

In der betrieblichen Realität führt diese Verschiebung zu tiefgreifenden Spannungen zwischen zwei konkurrierenden Entwicklungslogiken:

Typische Zielkonflikte und Symptome

Zielkonflikt	Typische Symptome
Stabilität der Hardware vs. Agilität der Software	• Softwareteams geraten unter Druck, weil klassische Freigabelogiken keine schnellen Updates zulassen. • Friktionen zwischen klassischen Gate-Modellen und iterativen Softwareprozessen
Mechanikorientierte Planung vs. softwarezentrierte Architektur	• Architekturentscheidungen werden zu spät oder ohne Softwarebeteiligung getroffen.
Hierarchisch geprägte Steuerung vs. iterative Teamarbeit	• Agil arbeitende Softwareteams werden durch traditionelle Linienführung ausgebremst • Abstimmungsprobleme • Überlastung von Schnittstellenrollen • Hierarchie- und Kulturkonflikte
Bauteilverantwortung im klassischen Fahrzeugaufbau vs. Funktionsverantwortung in softwarezentrierten Architekturen	• Bauteilverantwortliche fühlen sich entmachtet, weil zentrale Softwarefunktionen ihre Entscheidungen überlagern • Neue Rollen wie Feature Owner, Product Owner oder Systemarchitekt:innen sorgen für Verwirrung, weil Schnittstellen und Zuständigkeiten unklar sind

Typische Zielkonflikte und Symptome	
Produktverantwortung bei OEM und Zulieferer vs. Systemmacht externer Softwarepartner / Plattformanbieter	• • Strategische Abhängigkeiten von Tech-Konzernen • Operative Abhängigkeit von Updates und Schnittstellen • Eingeschränkte Gestaltungsmacht in der Produktentwicklung • Unklare Verantwortlichkeiten in der Wertschöpfungskette • Verlust an Kundenzugang

Im Alltag zeigt sich: die Zusammenarbeit zwischen Hardware- und Software-Teams wird schwieriger, weil beide mit unterschiedlichen Rhythmen, Qualitätsmaßstäben und Steuerungslogiken arbeiten. Die Entwicklung von Hardware erfordert langfristige Planung, Stabilität und frühzeitige Festlegungen. Änderungen im späteren Verlauf sind kostspielig und riskant. Softwareentwicklung hingegen lebt von Geschwindigkeit, iterativem Vorgehen und der Möglichkeit, auch kurzfristig Anpassungen vorzunehmen. Denn sie steht unter permanentem Innovationsdruck: Einerseits durch die schnellen Zyklen externer Partner – etwa Cloud- und App-Anbieter oder spezialisierte Software- und Plattformfirmen –, andererseits durch die Dynamik der eingesetzten Technologien selbst, die sich unabhängig vom Unternehmen weiterentwickeln. Klassische, stark planungsorientierte Entwicklungsprozesse bremsen diese Flexibilität oft aus und verschärfen die Reibungen an den Schnittstellen.

Orientierungsbedarf: Eine neue Balance zwischen Hardware und Software finden

Die Transformation zum »Software First«-Modell lässt sich nicht allein durch Stärkung der Softwarekompetenz und die Gründung bzw. den Ausbau von Softwareeinheiten bewältigen. Vielmehr müssen Unternehmen die Spannungen zwischen alten und neuen Logiken aktiv gestalten und lernen, wie sich die Innovations- und Entwicklungslogik von Software mit den Herausforderungen der Entwicklung physischer Produkte vereinen lässt, mit welchen Produktstrategien, Arbeitsformen und organisatorischen Rahmenbedingungen.

Zum Weiterlesen

- Eine ausführliche Hintergrundanalyse zu VW von Boes und Ziegler (2021): Umbruch in der Automobilindustrie, München. https://doi.org/10.36194/IDGUZDA_Forschungsbericht_Auto
- Aktueller: Andreas Boes, FAZnet am 12.07.2024 (https://www.faz.net/pro/digitalwirtschaft/mobility/cariad-scheitern-zeigt-deutsche-schwaechen-brisanz-weit-ueber-vw-konzern-hinaus-19844091.html?utm_source=chatgpt.com) und
- Patricia Nilsson, Finanzial Times am 04.09.2024. https://www.ft.com/content/b861e949-76a2-4782-9c74-947dfb56b41a?utm_source=chatgpt.com

3.3 Wasserfallmodell vs. Agile

Ausgangspunkt: Entwicklung nach dem Wasserfallmodell

Über Jahrzehnte wurde die Fahrzeugentwicklung durch streng sequenzielle Prozesse geprägt. Das sogenannte Wasserfallmodell strukturierte den Entwicklungsverlauf in klar definierte Phasen – von der Anforderung über den Entwurf bis hin zur Serienfreigabe. Jede Phase baute auf der vorherigen auf; Änderungen waren im späteren Verlauf nur mit erheblichem Aufwand möglich. Planungssicherheit, Prozessstabilität und Qualitätskontrolle standen im Mittelpunkt.

Diese Logik funktionierte unter Bedingungen vergleichsweise stabiler Produkte, langer Entwicklungszyklen und klarer Rollenzuschreibungen. Disziplinen arbeiteten nacheinander, Projektverantwortung war hierarchisch organisiert, Anforderungen wurden im Lastenheft definiert und dann systematisch abgearbeitet.

Wandel: Agilität als Antwort auf Komplexität und Veränderung

Mit wachsender technischer Komplexität, kürzeren Innovationszyklen und der zunehmenden Rolle von Software geraten sequenzielle Entwicklungsprozesse an ihre Grenzen. Die Anforderungen ändern sich oft noch während der Entwicklung, neue Technologien müssen kurzfristig integriert werden, und die Zusammenarbeit zwischen Disziplinen erfordert flexiblere Abstimmungen.

Agile Methoden versprechen hier mehr Reaktionsfähigkeit: Entwicklung in kurzen Iterationen und funktionsübergreifenden Teams mit neuen Rollen, Prinzipien und Entscheidungswegen.

Spannungsfeld: Wasserfall -Modell trifft auf Agiles Arbeiten

In der Praxis führt der Übergang zu agilen Arbeitsformen zu einem Spannungsfeld, das tief in die betriebliche Realität eingreift. Klassische und agile Logiken bestehen oft nebeneinander – und erzeugen Reibung.

Planbarkeit vs. Flexibilität: Typische Zielkonflikte und Symptome

Zielkonflikt	Typische Symptome
Phasenlogik vs. Iteration	• Missverständnisse über Projektstatus • Unklarheit über Verantwortlichkeiten • erhöhter Abstimmungsaufwand durch nicht synchronisierte Zyklen • Konflikte bei der Bewertung von (noch unfertigen) Arbeitsergebnissen
Langfristige Planung und feste Projektmeilensteine (Wasserfall) vs. iterative Sprintplanung und adaptive Backlog-Priorisierung (Agil)	• Ad-hoc-Vorgaben aus der Linie • Sprintverbindlichkeit wird durch externe Eingriffe unterlaufen • fehlende Abstimmung zwischen klassischer Projektsteuerung und agilen Taktungen • Überlastung durch parallele Anforderungen ohne Integration ins Backlog
Fachdisziplin vs. cross-funktionales Team	• Abstimmungsprobleme und Kompetenzkonflikte • Überlastung agiler Rollen (z. B. Product Owner)
Klare Hierarchie vs. geteilte Verantwortung	• Strukturkonflikte zwischen Linienorganisation und agilen Teams/agilen Rollen • unklare Entscheidungswege bei übergreifenden Fragen • Doppelstrukturen ohne eindeutige Priorität • Spannungen bei Ressourcenverteilung und Zielvorgaben • Rückdelegation an Linienführung in Konfliktfällen
Dokumentationspflicht vs. schnelles Feedback	• Spannungen zwischen formalen Nachweisen und informeller Teamkommunikation

Orientierungsbedarf: Agile Methoden für das Automotive Engineering weiterentwickeln

Das Spannungsfeld zwischen agilen Anforderungen und bestehenden Entwicklungsrealitäten wird nicht durch einfache Übernahme bestehender agiler Vorgehensweisen aus anderen Branchen lösbar sein. Stattdessen müssen spezifische organisatorische Rahmenbedingungen, agile Vorgehensmodelle, Methoden und Praktiken entwickelt werden, die den Anforderungen des Automotive Engineerings gerecht werden.

3.4 Geschlossene Innovationspartnerschaften vs. offene Innovationsökosysteme

Ausgangspunkt: Innovationsmodelle der Automobilindustrie

Über Jahrzehnte hinweg war die Innovationsdynamik der deutschen Automobilindustrie geprägt von engen, langfristig angelegten Partnerschaften zwischen OEMs und Zulieferern. Innovationen wurden gemeinsam geplant und umgesetzt, häufig entlang klar definierter Pfade und Produktgenerationen. Dieses Modell basierte auf Stabilität, Verlässlichkeit und einem hohen Maß an wechselseitigem Vertrauen. Partnerbeziehungen waren oft exklusiv, Innovationsprozesse weitgehend innerhalb geschlossener Systeme organisiert.

Wandel: Aufbruch in offene Innovationsökosysteme

Mit der Globalisierung der Märkte, der Differenzierung von Lieferketten, der wachsenden Rolle neuer Akteure – insbesondere Start-ups, Softwareunternehmen und Plattformanbieter – sowie der steigenden technologischen Komplexität stößt dieses Modell zunehmend an seine Grenzen. Innovationen müssen heute schneller, flexibler und unter stärkerem Einbezug vielfältiger Partner entwickelt werden.

Offene Innovationsökosysteme entstehen, in denen Ressourcen, Ideen und Expertise zwischen OEMs, Zulieferern, Technologieunternehmen, Forschungseinrichtungen und neuen Marktteilnehmern geteilt werden. In offenen Innovationsökosystemen sind Kooperationen weniger exklusiv, Innovationszyklen kürzer, und die Dynamik zwischen Wettbewerb und Zusammenarbeit (Coopetition) nimmt zu.

Spannungsfeld: Geschlossene Partnerschaftslogik vs. offene Innovationsökosysteme

Der Übergang von geschlossenen, stabilen Partnerschaftsstrukturen hin zu offenen, dynamischen Innovationsökosystemen verändert nicht nur die Art der Zusammenarbeit – er schafft neue Spannungsfelder zwischen Verlässlichkeit und Offenheit, Kontrolle und emergenter Entwicklung, exklusiver Bindung und Coopetition. Unternehmen stehen vor der Herausforderung, sich auf diese neue Logik in der Zusammenarbeit einzustellen.

Die folgende Tabelle zeigt typische Zielkonflikte, die in der Praxis auftreten – und welche Symptome darauf hinweisen, dass die Balance zwischen alter und neuer Innovationslogik noch nicht gefunden ist.

Innovationslogik im Wandel: Typische Zielkonflikte und Symptome

Zielkonflikt	Typische Symptome
Geschlossene Partnerschaften mit festen Rollen vs. offene Innovationsnetzwerke mit wechselnden Partnern	• Unklare Zuständigkeiten und Kostenverantwortung • Langwierige Abstimmungen bremsen Projekte • Unsicherheit, wer am Ende Entscheidungen trifft
Vertrauensvolle Zusammenarbeit vs. Coopetition mit Wettbewerbern	• Misstrauen im Wissensaustausch • Angst vor Wissensabfluss oder Verlust von Wettbewerbsvorteilen • Zurückhaltung bei der Weitergabe relevanter Informationen

Innovationslogik im Wandel: Typische Zielkonflikte und Symptome	
Planvolle Steuerung von Innovationspfaden vs. dynamische, emergente Entwicklungen	• Unklare Entscheidungsprozesse • Konflikte über Prioritäten • Innovationsprojekte laufen ohne klare Ziele oder Verantwortliche ins Leere
Stabile Governance und abgestimmte Prozesse vs. häufig wechselnde Partnerkonstellationen	• Hoher Koordinationsaufwand • Fehlende Regeln für IP-Rechte, Datenzugang und Standards • Reibungsverluste, weil Prozesse und Arbeitsweisen nicht zusammenpassen

Die Öffnung klassischer Partnerschaftsstrukturen in Richtung offener Innovationsökosysteme bringt nicht nur neue Chancen, sondern konfrontiert Unternehmen auch mit handfesten Zielkonflikten: zwischen klarer Steuerung und emergenter Dynamik, zwischen Vertraulichkeit und geteiltem Wissen, zwischen festen Rollen und wechselnden Akteurskonstellationen. In der Praxis zeigen sich diese Spannungen in unklaren Verantwortlichkeiten, erhöhtem Koordinationsaufwand, zurückgehaltenem Know-how und wachsender Unsicherheit bei strategischen Entscheidungen. Diese Symptome deuten darauf hin, dass die organisatorischen und kulturellen Voraussetzungen für Kooperation im Wandel mitwachsen müssen.

Orientierungsbedarf: Neue Fähigkeiten im Engineering-Ökosystem

Die Transformation des Engineerings verlangt mehr als Offenheit für neue Partner – sie fordert die bewusste Entwicklung kooperationsfähiger Strukturen. Dazu gehören klar definierte Rollen und Schnittstellen in dynamischen Netzwerken, Governance-Modelle, die Vertrauen ermöglichen, ohne Kontrolle aufzugeben, sowie ein reflektierter Umgang mit Wissensschutz und Verantwortungsteilung. Auch kulturell braucht es ein Umdenken: vom Denken in exklusiven Zuständigkeiten hin zu kollaborativen Aushandlungsprozessen auf Augenhöhe – oft mit Akteuren, die zugleich Partner und Wettbewerber sind. Wer Engineering zukunftsfähig aufstellen will, muss Kooperation nicht nur zulassen, sondern gestalten.

3.5 Technologiegetriebenes Engineering vs. kunden- und marktorientiertes Systemverständnis

Ausgangspunkt: Engineering aus der Technik heraus gedacht

Über Jahrzehnte hinweg galt technische Exzellenz als zentrales Erfolgskriterium im Automotive Engineering. Innovation wurde primär über Produkt- und Komponentenfortschritt definiert – etwa bei Antrieb, Fahrwerk oder Sicherheit. Das Engineering war dementsprechend technikorientiert organisiert: mit Fokus auf präzise Auslegung, regelbasierte Optimierung und langfristige Planung entlang etablierter technologischer Roadmaps. Kundenbedürfnisse galten als stabil, der Marktdruck war im Entwicklungsprozess nachrangig.

Wandel: Neue Anforderungen durch Digitalisierung und Nutzungsperspektive

Mit der digitalen Erweiterung des Fahrzeugs, der Integration in Mobilitäts- und Serviceplattformen und dem Wandel von Besitz- zu Nutzungskonzepten ändert sich die Innovationslogik grundlegend. Nicht mehr das Produkt allein, sondern das Nutzererlebnis im Systemkontext rückt ins Zentrum: von Over-the-Air-Updates bis zur App-Integration, von Plattformanschluss bis zur Ladeinfrastruktur.

Für das Engineering bedeutet das: mit dynamischen Kundenanforderungen umgehen, sich auf neue Wettbewerbslogiken (z. B. Plattformanbieter) einstellen, und das Fahrzeug als Teil eines soziotechnischen Nutzungssystems denken.

Diese Anforderungen verändern die Rolle des Engineerings: Es entwickelt nicht mehr nur ein Produkt, sondern gestaltet ein Nutzungserlebnis mit – über Systemintegration, Serviceschnittstellen und kontinuierliches Feedback.

Technologiegetriebenes Engineering trifft auf marktorientiertes Systemverständnis

Genau hier treffen zwei Denkweisen aufeinander: eine auf Stabilität und Perfektion ausgerichtete Ingenieurlogik stößt auf eine dynamische Marktpraxis, in der sich Kundenanforderungen schnell ändern und Nutzungserwartungen permanent weiterentwickeln. Die folgende Tabelle zeigt typische Zielkonflikte, die sich daraus ergeben – und wie sie sich in der betrieblichen Realität bemerkbar machen.

Technologie- vs. Marktorientierung: Typische Zielkonflikte und Symptome

Zielkonflikt	Typische Symptome in der Praxis
Technische Machbarkeit im Fokus vs. frühe Erkennung und Bewertung von Nutzeranforderungen	• Digitale Funktionen werden aus Ingenieurperspektive entwickelt, aber vom Markt nicht verstanden oder genutzt • Relevanz einzelner Features wird zu spät erkannt • neue Kundenwünsche (z. B. zu App-Funktionen, Benutzeroberfläche oder Nutzererlebnis erreichen das Engineering zu spät oder nur indirekt
Variantenreduktion vs. markt- und kulturspezifische Vielfalt	• Konflikte über lokalspezifische Anforderungen • Spannungen zwischen Effizienz und Kundenwunsch
Produktdenken (Fahrzeug als Ziel) vs. Systemdenken (Fahr-zeug als Teil eines Ökosystems)	Mangelnde Anschlussfähigkeit an Plattformen (z. B. Lade-Apps), Zielkonflikte zwischen Engineering und Serviceentwicklung
Technische Perfektion vs. Time-to-Market	• Verzögerte Serienfreigabe, obwohl der Marktstart drängt (»noch nicht perfekt«)

Die Tabelle macht deutlich: ein rein technologiegetriebenes Engineering läuft Gefahr, an den Bedürfnissen des Marktes vorbei zu entwickeln. Wo Nutzeranforderungen nicht systematisch erfasst und Rückmeldeschleifen fehlen, geraten selbst hochwertige Lösungen ins Abseits. Der Wandel hin zu einem marktorientierten Systemverständnis erfordert daher nicht weniger Technik – sondern mehr Bezug zur Nutzung, zum Kontext und zur Veränderungsdynamik im Markt.

Orientierungsbedarf: Technische Exzellenz mit Marktorientierung verbinden

Die Herausforderung liegt nicht darin, technische Kompetenz zu relativieren – sondern sie gezielt dort einzusetzen, wo sie aus Kundensicht Wert schafft. Das Engineering muss lernen, Nutzungsperspektiven systematisch in Entwicklungsentscheidungen zu integrieren: nicht erst als Feedback nach dem SOP, sondern als Ausgangspunkt für Prioritäten, Qualität und Innovation. Dazu braucht es neue Rollen, die technisches Know-how mit Marktsensibilität verbinden, funktionsübergreifende Schnittstellen zu Service, Vertrieb und Produktmanagement – und ein erweitertes Selbstverständnis des Engineerings: eines, das technische Tiefe nicht aufgibt, sondern mit kundennaher Denkweise, iterativem Lernen und schnellen Rückkopplungen verbindet. Die Zukunft liegt nicht im

Nachahmen risikobehafteter Schnellschüsse – sondern in der Fähigkeit, Präzision und Reaktionsfähigkeit neu auszutarieren.

3.6 Erfahrungsbasiertes Engineering vs. datengestütztes virtuelles Engineering

Ausgangspunkt: Engineering als Erfahrungsdisziplin

Lange Zeit beruhte das Engineering maßgeblich auf Erfahrungswissen. Konstrukteur:innen, Berechnungsingenieur:innen und Entwickler:innen trafen Entscheidungen auf Grundlage persönlicher Intuition, implizitem Know-how, heuristischer Regeln und routinierter Praxis. Technische Exzellenz entstand nicht nur durch formale Methoden, sondern durch konkrete Erfahrungsräume wie Prototypenbau, Versuch oder Betriebsmittelentwicklung. Dieses gewachsene Wissen war schwer dokumentierbar, wurde aber im Teamalltag stillschweigend weitergegeben – und prägte das berufliche Selbstverständnis ebenso wie die Qualität von Lösungen.

Wandel: Vom Erfahrungsurteil zur Modell-Logik

Mit dem Aufstieg datenbasierter Verfahren, KI-gestützter Optimierung und virtueller Simulationsumgebungen verändert sich das Entscheidungsfundament im Engineering grundlegend. Immer stärker dominieren formalisierte Modelle, automatisierte Analysen und simulationsbasierte Validierung die Entwicklung. Entscheidungen, die früher auf Erfahrung basierten, werden heute zunehmend auf algorithmische Prognosen, historische Datenmuster und Modellvergleiche gestützt. Dies verspricht höhere Skalierbarkeit, kürzere Zyklen und frühzeitige Fehlervermeidung – erfordert aber neue Kompetenzen und führt zu Reibungen zwischen alten und neuen Denklogiken.

Spannungsfeld: Erfahrungswissen trifft datenbasierte Modell-Logik

Mit dem Übergang zu datenbasierten, modellgestützten Entwicklungsverfahren gerät das bislang dominante Erfahrungswissen im Engineering zunehmend ins Hintertreffen. Intuition, implizite Systemkenntnis und handlungsorientiertes Lernen stehen abstrakten, skalierbaren Logiken gegenüber, deren Aussagekraft stark von Datenverfügbarkeit und Modellgüte abhängt. Die Wissensbasis des Engineerings verschiebt sich. Die Tabelle zeigt typische Zielkonflikte und Symptome, die daraus im Alltag entstehen.

Erfahrung vs. Datenlogik: Typische Zielkonflikte und Symptome

Zielkonflikt	Typische Symptome
Einzelfallurteil und Intuition erfahrener Fachkräfte vs. skalierbare Entscheidungslogik auf Basis von Daten, Modellen und KI	• Diskussionen zwischen »Bauchgefühl« und Modellberechnungen • Entscheidungen ziehen sich, weil Erfahrungs- und Datenlogik zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen • Frustration bei Fachkräften, deren Urteil durch Algorithmen infrage gestellt wird
Kontextbezogene Anpassung im Projekt vs. Standardisierung über Modelle, Algorithmen und vordefinierte Parameter	• Konflikte zwischen flexiblen Sonderlösungen und Standardprozessen • Verzögerungen, weil Abweichungen von Modellvorgaben aufwendig zu rechtfertigen sind • Spannungen zwischen Projektteams (Pragmatismus) und Methodenverantwortlichen (Standardtreue)

Erfahrung vs. Datenlogik: Typische Zielkonflikte und Symptome	
Validierung über reale Tests vs. Validierung über Simulationen und Datenmodelle	• Diskussionen über Verlässlichkeit von Simulationsergebnissen • Mehrfachtests (real + virtuell) verursachen Mehraufwand • Zweifel, ob Simulationen extreme Anwendungsfälle ausreichend abbilden
Wissen als persönliche Kompetenz und Erfahrungswert vs. Wissen als dokumentiertes, systemisch zugängliches Modell	• Spannungen, wenn erfahrene Fachkräfte ihre Rolle durch Datenbanken und Modelle bedroht sehen • Fehlende Akzeptanz für formalisierte Dokumentationspflichten
Erfahrungswissen als stille Autorität im Team vs. Datenkompetenz als neue Schlüsselressource	• Teamkonflikte, weil junge »Datenexpert:innen« klassische Autoritäten herausfordern • Verlagerung von Entscheidungsmacht hin zu datengetriebenen Rollen
Menschlich verantwortete Entscheidungspraxis im Team vs. autonome Systemvorschläge durch KI	• Unsicherheit, wem im Zweifel vertraut wird: Erfahrungsurteil oder KI-Vorschlag • Verantwortungslücke: Unsicherheit und »Schwarzer-Peter-Spiel« • Transparenz- und Nachvollziehbarkeitsprobleme • Scheinverantwortung beim Menschen: rechtliche Grauzonen

Das Spannungsfeld betrifft nicht nur Methoden, sondern grundlegend unterschiedliche Wege, wie Entscheidungen im Engineering vorbereitet und getroffen werden. Wo früher Erfahrung und persönliches Urteil zählten, dominieren heute zunehmend Algorithmen und Datenmodelle. Mit dem Einsatz von KI verändert sich diese Dynamik nochmals: Systeme treten auf, die nicht nur rechnen, sondern auf Basis großer Datenmengen eigenständig Schlüsse ziehen.

Orientierungsbedarf: Entscheidungsräume neu gestalten – zwischen Erfahrung, Daten und KI

Die Rollenverteilung zwischen Mensch und System wird bislang zu wenig reflektiert oder aktiv gestaltet. Dadurch entstehen Gegensätze zwischen menschlicher Urteilskraft und KI-gestützten Ergebnissen – die Forderung nach »human oversight« (z. B. EU AI Act) bleibt oft ein Lippenbekenntnis oder führt zur Überforderung.

Es besteht also erheblicher Orientierungsbedarf, wie Arbeitsgestaltung, Organisationsentwicklung und Kompetenzentwicklung so aufeinander bezogen werden können, dass Mensch und KI in produktiven Rollen zueinander finden – ohne Verantwortungsdiffusion, Überforderung oder technikgetriebene Fehlanpassungen.

Besonderes Augenmerk verdienen dabei jene Berufsgruppen, Tätigkeitsfelder und Qualifikationsniveaus, die bislang stark auf Erfahrungswissen aufbauen – etwa in Versuch, Instandhaltung, Betriebsmittelbau oder der konstruktiven Detaillierung. Sie sichern mit ihrem impliziten Wissen bislang oft jene Entscheidungen ab, die im Modell nicht vorgesehen sind. Ihre Erfahrung muss sichtbar gemacht, anschlussfähig gestaltet und aktiv in neue Entscheidungsprozesse eingebunden werden, um menschliche Urteilskraft in KI-gestützten Prozessen auszubauen. Die Frage, wer wann und wo entscheidet, wird damit zu einer zentralen Zukunftsfrage in der künftigen Engineering-Organisation.

Zum Weiterlesen

- Europäische Union (2024): Verordnung über künstliche Intelligenz (AI Act). URL: https://artificialintelligenceact.eu

3.7 Individuelle Spezialisierung vs. kollektive Lernschleifen

Ausgangspunkt: Individuelle Spezialisierung als professionelle Stärke

Im klassischen Engineering galt individuelle Spezialisierung als bewährtes Prinzip. Tiefes fachliches Know-how, disziplinäre Zuständigkeit und langjährige Erfahrung und disziplinär verankerte Expertise waren zentrale Pfeiler erfolgreicher Entwicklungsarbeit.

Technische Qualität basierte dabei nicht primär auf Abstimmung im Team, sondern auf dem fundierten Urteil Einzelner. Diese Form der Fachlichkeit – auch als Expertenmodus (Boes u. a.) beschrieben – war eng mit dem beruflichen Selbstverständnis vieler Beschäftigter verknüpft: mit Anerkennung, Einfluss und Sicherheit. Die Organisation unterstützte dies durch stabile Zuständigkeiten, Expertenkarrieren und eine hohe Eigenverantwortung im jeweiligen Spezialgebiet.

Wandel: Kollektive Lernschleifen als neue Anforderung

Mit wachsender Komplexität, kürzeren Innovationszyklen und stärkerer Vernetzung gewinnt eine andere Logik an Bedeutung. Wissen muss nicht nur bei Einzelnen vorhanden sein, sondern »in Echtzeit« geteilt, reflektiert und gemeinsam disziplinenübergreifend weiterentwickelt werden.

Im Gegensatz zur individuellen Spezialisierung, bei der Wissen in der Tiefe einzelner Fachbereiche aufgebaut wird, setzen kollektive Lernschleifen auf die Entwicklung geteilten Wissens und gemeinsamer Entscheidungsfähigkeit im konkreten Arbeitszusammenhang.

Formate wie Retrospektiven oder bereichsübergreifende Lessons-Learned-Workshops schaffen Raum für kollektives Nachdenken, Irritation – und Entwicklung. Sie fördern das Zusammenspiel unterschiedlicher Perspektiven und setzen voraus, dass eigenes Wissen verständlich und anschlussfähig gemacht werden kann. Entscheidend ist: Lernen wird nicht delegiert oder individualisiert, sondern als gemeinsame Aufgabe verstanden – mit dem Ziel, Silos aufzubrechen, blinde Flecken sichtbar zu machen und strukturell anschlussfähige Verbesserungen zu entwickeln.

Diese Lernprozesse erfordern nicht weniger Fachlichkeit, sondern eine andere Form. In der Forschung wird dies als *kommunikative Fachlichkeit* (Boes u. a.) beschrieben – eine Fachlichkeit, die nicht exklusiv bleibt, anschlussfähig ist und Dialog- und Kooperationsfähigkeit einschließt.

Spannungsfeld: Individuelle Fachautorität vs. kollektive Lernfähigkeit

Kollektive Lernfähigkeit wird immer mehr zur Schlüsselressource: Die Fähigkeit, Wissen im Team und in der Organisation zu teilen, gemeinsam zu reflektieren und systematisch weiterzuentwickeln.

Diese Verschiebung fordert nicht nur etablierte Fachlogiken heraus, sondern verändert auch die Maßstäbe, an denen Expertise und Einfluss gemessen werden. Die folgende Tabelle zeigt typische Zielkonflikte, die sich daraus in der betrieblichen Praxis ergeben – und macht sichtbar, wie der Übergang zu kollektiven Lernprozessen Spannungen auf individueller, sozialer und struktureller Ebene erzeugt.

Individuelles vs. kollektives Lernen: Typische Zielkonflikte und Symptome	
Zielkonflikt	**Typische Symptome**
Wissen als individuelles Kapital vs. Wissen als gemeinsam entwickeltes Gut	• Wissen wird zurückgehalten und nicht aktiv geteilt • Abhängigkeit von Einzelpersonen führt bei Ausfällen zu Engpässen • Streit um Anerkennung: Spezialwissen vs. Teambeiträge • Ungleiches Engagement in der Weiterbildung führt zu Spannungen im kollektiven Lernen
Lernen als individuelle Weiterbildung vs. Lernen als gemeinsame Praxis im Arbeitsprozess	• Weiterbildung wird als Privatsache gesehen, statt als Teil des Arbeitsprozesses • Geringe Akzeptanz für gemeinsame Lernzeiten und Reflexion z. B. in Retrospektiven • Individuelles Lernen fließt nicht ins Team zurück – Wissen bleibt ungenutzt und führt zu Spannungen
Lernen als punktuelle Maßnahme vs. kollektives Lernen als organisationaler Entwicklungsprozess	• Trainings bleiben folgenlos, weil es keine Prozesse, Routinen oder Strukturen gibt, die den Transfer in den Arbeitsalltag sichern • Lernprozesse sind von Strategie und Transformation abgekoppelt. Lernaufwand trägt nicht zur Transformation bei • Erfahrungen aus Projekten werden nicht ausgewertet – Fehler wiederholen sich, Chancen für Verbesserung und Innovation gehen verloren • Formate für kollektives Lernen fehlen oder werden nicht priorisiert – Zeit und Ressourcen fließen in punktuelle Maßnahmen.

Orientierungsbedarf: kollektive Lernräume schaffen

Engineering findet schon immer im Zusammenspiel unterschiedlicher Fachdisziplinen statt. Doch mit wachsender Komplexität und kürzeren Innovationszyklen verändern sich die Anforderungen an Zusammenarbeit und Lernen grundlegend.

Individuelle Spezialisierung bleibt eine zentrale Quelle technischer Exzellenz – verliert aber an Wirksamkeit, wenn sie sich nicht in kollektive Lernprozesse einfügt. Künftig zählt nicht allein, was jemand weiß, sondern wie dieses Wissen im Zusammenspiel mit anderen wirksam wird. Das erfordert nicht nur die Bereitschaft, sich zu öffnen, sondern auch Strukturen, in denen Lernen als gemeinsame Verantwortung gestaltet werden kann – sichtbar, anschlussfähig und anerkannt.

Gefragt ist eine Form von Kompetenzaufbau, die im Team verankert ist – durch kollektives Nachdenken, disziplinübergreifende Rückkopplung und die bewusste Einbindung erfahrener Fachkräfte in gemeinsame Lernformate. Dafür braucht es strukturelle Voraussetzungen: Formate wie z. B. Retrospektiven, Zeitfenster für Austausch, neue Rollen zwischen Tiefe und Koordination sowie eine Weiterbildungspraxis, die nicht vom Alltag entkoppelt ist.

Nicht zuletzt gilt: Lernbeiträge müssen auch im Leistungssystem sichtbar werden – nicht nur als individuelles Ergebnis, sondern als kollektive Entwicklungsleistung.

3.8 Engineering unter Spannung: Transformation statt Routine

Mit den aktuellen Transformationstrends im Automotive Engineering vollzieht sich kein linearer Fortschritt, sondern ein tiefgreifender Wandel: das Engineering steht unter erheblichem Druck, sich neu zu orientieren – technisch, organisatorisch, kulturell. Routinen, die über Jahre funktioniert ha-

ben, geraten ins Wanken. Doch was an ihre Stelle tritt, ist vielerorts noch nicht klar konturiert. In dieser Übergangsphase sind Widersprüche nicht die Ausnahme, sondern der Normalzustand.

Das Engineering muss lernen, mit diesen Spannungen produktiv umzugehen. Der Versuch, in vertrauten Mustern weiterzumachen, greift zu kurz. Vielmehr gilt es, neue Denk- und Arbeitsweisen zu erproben, Spannungsfelder sichtbar zu machen und daraus gemeinsames Lernen zu ermöglichen. Nicht die Auflösung der Widersprüche ist das Ziel, sondern ihre bewusste Gestaltung im betrieblichen Alltag.

Wie das konkret aussehen kann, ist keine abstrakte Frage. Die in diesem Kapitel beschriebenen Spannungsfelder betreffen zentrale Hebel der betrieblichen Transformation: von der strategischen Neuausrichtung über den Umbau von Organisationen und Rollen bis hin zu Fragen der Globalisierung, Digitalisierung, Agilität und Qualifizierung.

4 Transformation in der betrieblichen Praxis: Handlungsfelder

Die zuvor beschriebenen Spannungsfelder prägen die betriebliche Realität im Engineering. Oft zeigen sie sich in widersprüchlichen Anforderungen, fragmentierten Strategien, überlasteten Strukturen oder unklaren Rollen. Und sie machen deutlich: die Transformation lässt sich nicht auf einzelne Maßnahmen reduzieren, sondern verlangt ein Umdenken auf mehreren Ebenen zugleich.

In Kapitel 4 wechselt der Blick von der analytischen Beschreibung der Spannungen hin zur praktischen Frage: Was tun? Wie lässt sich Transformation nicht nur aushalten, sondern gestalten? Beleuchtet werden zentrale Handlungsfelder, in denen sich der Wandel konkret zuspitzt und in denen jetzt betriebliche Gestaltung gefragt ist. Ausgangspunkt sind die Erfahrungen aus Unternehmensprojekten und Fallstudien, die typische Muster, Blockaden und Lösungsansätze sichtbar machen. Die Kapitelstruktur folgt dabei sechs Schlüsselthemen der Transformation:

- Produktstrategie als Richtungsgeber im Wandel,
- der Umbau der Engineering-Organisation,
- die Globalisierung unter neuen Vorzeichen,
- der Umgang mit Anforderungen an Agilität und Flexibilität,
- die digitale Transformation des Engineerings sowie
- Fragen der Qualifizierung und Kompetenzentwicklung.

Ziel ist es nicht, Patentrezepte zu liefern, sondern praxisnahe Orientierung zu ermöglichen: welche Zielkonflikte sind typisch? Wo liegen zentrale Hebel? Und welche Spielräume bestehen, um aus Problemfeldern Lernprozesse zu machen?

4.1 Produktstrategie: Richtung geben im Wandel

Die Produktstrategie eines Unternehmens ist mehr als ein technischer Fahrplan. Sie umfasst auch Innovationspfade und neue Wertschöpfungspotenziale – etwa durch technologische Entwicklung, digitale Systemarchitekturen oder neue Nutzungsmodelle. Sie bestimmt, woran Entwicklung sich ausrichtet, welche Zielbilder verfolgt werden, und wo die Leitplanken für Veränderung verlaufen. Damit ist sie eine zentrale Richtungsgeberin in der Transformation – nicht nur technologisch, sondern auch organisatorisch, kulturell und strategisch.

Warum dieses Handlungsfeld zentral ist

In der Transformation des Engineerings verschieben sich die Grundlagen der Produktentwicklung grundlegend – vom mechatronischen Objekt hin zum vernetzten, softwarebasierten und datengetriebenen System. Damit verändert sich nicht nur, was entwickelt wird, sondern auch, wie, durch wen und mit welchen Zielbildern entwickelt wird. Diese Veränderungen lassen sich nicht allein im Tagesgeschäft bewältigen – sie erfordern strategische Orientierung.

Produkt- und Innovationsstrategien spielen in diesem Prozess eine Schlüsselrolle: Sie machen technische, organisatorische und marktbezogene Spannungsfelder sichtbar und bearbeitbar. Etwa die Frage, ob Variantenreichtum noch gewollt oder als Komplexitätsrisiko gesehen wird. Ob Steuerung weiter aus der Hardware heraus gedacht wird oder zunehmend softwarebasiert erfolgt. Ob Nachhaltigkeitsziele als technisches Add-on oder als integraler Bestandteil strategischer Produktentscheidungen verstanden werden.

Diese strategischen Weichenstellungen prägen auch andere Handlungsfelder wie Kompetenzentwicklung, Zusammenarbeit, Geschwindigkeit von Prozessen oder den Umbau des Unternehmens. Strategie wirkt damit quer durch das Unternehmen und entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Unter Bedingungen von Unsicherheit, technologischer Disruption und Zielkonflikten kann Strategie jedoch nicht mehr als reine Top-down-Vorgabe funktionieren. Sie muss Übersetzungsarbeit leisten zwischen alten und neuen Logiken, zwischen Abteilungen, Professionen, Rollen und Partnern. Die Produktstrategie wird damit zur Vermittlungsinstanz, die Orientierung gibt, ohne alles festzulegen – und die ermöglicht, dass unterschiedliche Akteure an einem Strang ziehen.

So verstanden ist Produktstrategie nicht nur ein Managementinstrument, sondern ein Ermöglichungsraum für Transformation – vorausgesetzt, sie macht Spannungen transparent, markiert klärungsbedürftige Felder und eröffnet Handlungsspielräume, in denen Neues entstehen kann.

Zerrissene Produktstrategien in der Praxis

Obwohl die Entwicklung tragfähiger Produktstrategien angesichts der Umbrüche im Marktumfeld zentral wäre, fehlt in vielen Unternehmen eine klare Vorstellung davon, welche Rolle die Produktstrategie im Wandel spielen soll und wie sie im Alltag wirksam werden kann. Viele Zielbilder bleiben abstrakt, unverbindlich und eher auf die Außendarstellung gerichtet.

Typisch ist die Trennung zwischen strategischer Ambition und operativer Wirklichkeit. Auf Managementebene entstehen ambitionierte Zukunftsbilder, etwa zu Elektromobilität, Softwarearchitektur oder Plattformstrategie, doch in den Entwicklungsbereichen fehlt die Rückbindung. Orientierungsbedarf wird nach unten verlagert, Entscheidungen delegiert und strategische Leerstellen auf Teamebene kompensiert. In der Praxis führt das zu ständigen Nachjustierungen, Klärungsschleifen und kurzfristig wechselnden Zielvorgaben.

Zerrissene Produktstrategien – widersprüchliche Zielvorgaben

- Weiterverfolgung des Verbrennergeschäfts (Cashflow sichern) vs. Aufbau der Elektromobilität (Zukunft gestalten)
- Hardwarelogiken (stabil, geplant) vs. softwarebasierte Systemarchitekturen (dynamisch, iterativ
- Globale Standardisierung vs. lokale Anpassung
- Plattformentwicklung (langfristig, zentral) vs. Kundenprojekt (kurzfristig, dezentral)
- Effizienzorientierung vs. Innovationsorientierung
- Kurzfristige Wirtschaftlichkeit vs. Nachhaltigkeit
- Bereichsspezifische Interpretation vs. unternehmensweite strategische Kohärenz

Ohne konsistente Linie entstehen operative Zielkonflikte, die weder ausgeräumt noch produktiv bearbeitet werden. Die Folge: hoher Abstimmungsbedarf bei gleichzeitigem Autoritätsverlust der Strategie.

Veränderter Innovationsmodus – und fehlende strategische Antworten

Besonders deutlich wird dies beim Übergang zu offenen Innovationsökosystemen mit Start-ups, Plattformanbietern, Softwarepartnern. Diesen Wandel nicht mitzudenken bedeutet, an einer Steuerungslogik festzuhalten, die für geschlossene Partnerschaften mit festen Rollen zugeschnitten ist. Damit fehlen im Entwicklungsalltag Klarheit etwa über die Governance der Zusammenarbeit, Schnittstellen, Verantwortung für Intellectual Property oder die Herausforderung, unter Wettbewerbsbedingungen zu einer vertrauensvollen Zusammenarbeit zu gelangen. Konflikte etwa über Prioritätensetzung oder Misstrauen im Wissensaustausch, lange Abstimmungszeiten und eine Vielzahl von Belastungen durch alltägliche Reibungsverluste sind die Folge.

Für Zulieferer ist das besonders problematisch: OEMs geben Tempo und technische Standards vor, ohne dies in angepasste Preis-, Planungs- und Kooperationsmodelle zu übersetzen. Zulieferer müssen flexibel reagieren, ohne selbst strategisch eingebunden zu sein. Die Folge ist eine strukturelle Schieflage: hohe Innovationsansprüche bei gleichzeitig veralteten Vertragsgrundlagen und fehlender Gestaltungsmacht, die das Engineering belasten.

Orientierungsbedarf

Viele Unternehmen stehen erst am Anfang, die Produktstrategie als zentralen Hebel für ihre Transformationsfähigkeit zu begreifen. Lange Zeit war sie ein techniknahes Instrument, das entlang etablierter Produktlinien, Zielkosten und Marktsegmente entwickelt wurde. Heute dagegen muss sie Orientierung bieten in einer Situation, in der sich nicht nur Produkte, sondern auch Technologien, Geschäftsmodelle und Organisationslogiken zugleich verändern. Das erhöht die strategische Be-

deutung – stellt aber auch neue Anforderungen an die Art, wie Strategie gedacht, entwickelt und umgesetzt wird.

Fragen zur Selbstprüfung: Strategiearbeit im Wandel verankern

Strategische Orientierung lässt sich nicht verordnen – sie muss gemeinsam entwickelt, eingeübt und verantwortet werden. Die folgenden Fragen unterstützen dabei, blinde Flecken zu erkennen, Zielkonflikte sichtbar zu machen und erste Ansatzpunkte für eine strategische Verständigung im eigenen Unternehmen zu identifizieren.

- **Zielbild und strategische Ausrichtung**
  - Haben wir ein gemeinsames Verständnis vom künftigen Produkt – oder existieren widersprüchliche Annahmen?
  - Ist unsere Produktstrategie anschlussfähig an softwarebasierte, systemische Entwicklungen?
- **Strategische Entscheidungsräume und Suchprozesse**
  - Welche Entscheidungen sind bereits getroffen – und wo brauchen wir strategische Suchräume?
  - Wie gehen wir mit Zielkonflikten um: werden sie sichtbar gemacht, priorisiert oder verdrängt?
  - Schaffen wir Räume für strategisches Feedback und organisationale Selbstvergewisserung – z. B. durch regelmäßige Strategiedialoge oder systematische Lessons Learned?
- **Beteiligung und Verständigung**
  - Wie gut sind operative Bereiche in die Entwicklung und Weiterentwicklung strategischer Leitplanken eingebunden?
  - Gibt es Formate, in denen strategische Spannungen bereichsübergreifend bearbeitet werden?
- **Verantwortung und Umsetzungsfähigkeit**
  - Sind Rollen und Zuständigkeiten für strategisch relevante Themen (z. B. Systemarchitektur, Kooperation, Nachhaltigkeit) klar definiert?
  - Wer trägt Verantwortung dafür, dass Strategie in konkrete Entscheidungen, Prioritäten und Ressourcen übersetzt wird?
  - Gibt es systematische Rückkopplungen zwischen Strategie und operativer Umsetzung?
- **Strategische Weiterentwicklung**
  - Prüfen wir systematisch, ob bestehende Kompetenzen auch für neue – ggf. branchenfremde – Märkte nutzbar sind?

Diese Fragen markieren keinen festen Standard – aber sie öffnen den Raum für Klärung. Wer strategische Orientierung unter Transformationsbedingungen ernst nimmt, muss sich nicht nur mit Zielen, sondern auch mit Unsicherheiten auseinandersetzen. Strategiearbeit beginnt dort, wo Unterschiedliches sichtbar und gemeinsam bearbeitbar wird.

4.2 Engineering-Organisation: strukturelle Herausforderungen in der Transformation

Die Transformation verändert nicht nur Produkte und Technologien – sie stellt auch die bestehenden Organisationsformen im Engineering grundsätzlich in Frage. Was lange als stabilisierende Struktur galt, gerät zunehmend selbst unter Druck: Bereichsgrenzen, Prozesslogiken, Verantwortungszuschnitte. Wo früher Spezialisierung und Standardisierung funktionierten, sind heute Integration, Agilität und systemisches Denken gefragt.

In den Fallstudien zeigt sich deutlich: die strategischen Ziele der Transformation – etwa neue Produktarchitekturen, kürzere Entwicklungszeiten oder eine stärkere Kundenorientierung – stoßen in der betrieblichen Realität immer wieder an Grenzen. Auch die wachsenden Flexibilitätsanforderungen dynamischer Märkte und Wertschöpfungsketten treffen auf organisatorische Trägheit, unklare Zuständigkeiten und überkommene Routinen. Strukturen, die einst Effizienz sichern sollten, erzeugen heute Reibungsverluste, Überlastung und Abstimmungsprobleme.

Wer den Wandel im Engineering gestalten will, muss deshalb auch den Umbau der Organisation ins Zentrum rücken. Es reicht nicht, neue Technologien oder Methoden einzuführen – es braucht neue Formen der Zusammenarbeit, neue Verantwortungsmodelle und eine Architektur, die Lernen ermöglicht, statt es zu blockieren.

4.2.1 Träge Linien, widersprüchliche Steuerung: Die Grenzen funktionaler Organisation

In vielen Unternehmen der Automobil- und Zulieferindustrie ist die Linienorganisation über Jahrzehnte gewachsen. Doch was früher klare Orientierung bot, wird heute vielfach zum Engpass für Integration, für schnelle Entscheidungen, für systemische Verantwortung.

Die Fallstudien zeigen ein wiederkehrendes Muster: Linienverantwortliche definieren ihre Rolle vor allem über Ressourcensicherung und Bereichsinteressen – nicht über die Erreichung übergreifender Entwicklungsziele. Projektleitende wiederum erleben mangelnde Unterstützung, unklare Entscheidungsbefugnisse oder Priorisierungskonflikte zwischen Projekten und Linienvorgaben. Verantwortung wird zwar formal verteilt, wird aber im Tagesgeschäft häufig nicht wahrgenommen.

In der Folge entstehen Doppelzuständigkeiten, Reibungsverluste und Steuerungslücken – insbesondere dort, wo mehrere Bereiche an einem gemeinsamen System arbeiten. Entscheidungen bleiben liegen, weil niemand sich zuständig fühlt oder weil Machtfragen nicht offen adressiert werden.

Orientierungsbedarf

In vielen Unternehmen reicht es nicht mehr aus, funktionale Strukturen nachzubessern – es braucht einen grundlegenden Umbau. Strategische Orientierung muss mit einer tiefgreifenden Organisationsentwicklung einhergehen, die Lernfähigkeit, Anpassungsgeschwindigkeit und bereichsübergreifende Zusammenarbeit systematisch stärkt. Gesucht ist kein neues Organigramm, sondern ein neues Betriebssystem: eine Organisation, die Verantwortung dezentralisiert, Entscheidungen näher am Ort des Geschehens trifft, wo ein Problem gelöst werden muss und das notwendige Wis-

sen vorhanden. Damit das gelingt, braucht es ein neues Zusammenspiel zwischen strategischer Steuerung und operativer Selbstorganisation: klare Zielbilder, die Orientierung geben, und Räume, in denen diese Zielbilder im Alltag verhandelt, konkretisiert und weiterentwickelt werden können.

Herausforderungen eines organisatorischen Umbaus

- **Hierarchien auflösen**: Verantwortung neu verteilen, Entscheidungskompetenz näher an die operative Realität bringen
- **Silos überwinden**: bereichsübergreifende Zusammenarbeit stärken und Systemdenken fördern
- **Führung neu denken**: von Kontrolle und Vorgabe hin zu Orientierung, Coaching und Rahmensetzung
- **Empowerment und Selbstorganisation stärken**: Teams in die Lage versetzen, Entscheidungen eigenverantwortlich und situativ zu treffen
- **Organisationales Lernen ermöglichen**: Strukturen schaffen, die Reflexion, Feedback und kontinuierliche Weiterentwicklung systematisch unterstützen

4.2.2 Arbeit zwischen Linie und Projekt: Das ungelöste Versprechen der Matrix

Besonders sichtbar werden die strukturellen Spannungen der Linienorganisation dort, wo Linien- und Projektlogik aufeinandertreffen – in der alltäglichen Arbeit zwischen Ressortgrenzen und Projektanforderungen.«

Matrixorganisationen gelten als strukturelle Antwort auf diese Herausforderungen. Sie sollen Linienverantwortung mit projektbezogener Steuerung verknüpfen und bereichsübergreifende Zusammenarbeit ermöglichen. Doch in der Praxis zeigt sich: Die Matrix bleibt vielerorts ein Ver- sprechen, das nicht eingelöst wird.

Die Fallstudien zeigen wiederkehrende Muster: Projektleitende berichten von fehlender Entscheidungskompetenz, Ressourcenunsicherheit und mangelnder Rückendeckung durch die Linie. Linienverantwortliche beklagen sich über Projektentscheidungen ohne Abstimmung, Verlust an Einfluss und Überlastung der Mitarbeitenden. Für Beschäftigte entsteht daraus eine doppelte Loyalitätspflicht – gegenüber Projektzielen und Linienführung – ohne klare Priorisierung.

Diese Spannungen verweisen auf ein tiefer liegendes Problem: in modernen Organisationen wirken mehrere Steuerungslogiken gleichzeitig, ohne explizit geklärt zu sein. Die folgende Systematik zeigt, welche Logiken aktuell in vielen Engineering-Bereichen nebeneinander existieren – und worin sich ihre Zielrichtungen, Steuerungsmechanismen und Folgen für die Beschäftigten unterscheiden. Gerade in Matrixstrukturen treffen diese Logiken unmittelbar aufeinander – besonders zwischen Linien-, Projekt- und Plattformlogik.

Organisationslogik und typische Spannungen

Organisationslogik	Zielrichtung	Steuerung erfolgt über...	Rolle der Beschäftigten	Typische Spannung
Linienlogik	Fachliche Exzellenz, Ressourcensicherung	Funktionale Vorgesetzte, Abteilungen	disziplinäre Einbindung, Rollenklarheit	geringe Ergebnisverantwortung, Silo-denken
Projektlogik	Termintreue, Ergebnisorientierung	Projektleitung, Meilensteinpläne	temporäre Zielbindung, wechselnde Teams	keine disziplinarische Macht, Zielkonflikte
Plattform-/ Modullogik	Standardisierung, Skalierung	zentrale Architekturen, Moduleigner	technische Spezialisierung, Integration	Koordinationsaufwand, Entkopplung vom System
Agile Logik	Kundennähe, Reaktionsfähigkeit	Selbststeuerung im Team, iterative Prozesse	hohe Eigenverantwortung, crossfunktionales Handeln	Unsicherheit bei Rollen, Abhängigkeit von Kultur
End-to-End-Logik	Ganzheitliche Verantwortung für Wertbeitrag	Produkt-/Featureverantwortliche, Value Streams	durchgehende Ergebnisverantwortung	benötigt strukturelle Verankerung, neue Führungsrollen

Gerade in der Transformation stößt die Matrixorganisation an ihre strukturellen Grenzen. Sie ist darauf angelegt, bestehende Linienstrukturen durch eine zweite Steuerungsebene zu ergänzen – doch in dynamischen Veränderungsszenarien reicht das nicht aus. Die Anforderungen der Transformation – etwa schnelle Reaktionsfähigkeit, funktionsübergreifende Zusammenarbeit, ganzheitliche Produktverantwortung oder kontinuierliches Lernen – lassen sich in der klassischen Matrix kaum abbilden. Statt Konflikte produktiv zu machen, erzeugt sie häufig Reibungsverluste: Projekte und Linien blockieren sich gegenseitig, Entscheidungen werden verzögert, Verantwortlichkeiten bleiben unklar. In vielen Unternehmen entsteht ein Zustand chronischer Überforderung, in dem weder Linienführung noch Projektleitung wirksam steuern können. Damit wird deutlich: Die Matrix ist nicht die Lösung für die Herausforderungen der Transformation.

Orientierungsbedarf: Die Matrix auf dem Prüfstand

Vor diesem Hintergrund erscheint die Matrix eher als Übergangsformat, das sich in vielen Unternehmen bewährt hat, nun aber an seine Grenzen stößt. Perspektivisch müssen alternative Modelle geprüft werden: etwa End-to-End- Verantwortung, Value Streams oder produktorientierte Organisationseinheiten, die auf schnellere Entscheidungsprozesse und integrierte Zusammenarbeit setzen. Unternehmen sollten sich mit den Herausforderungen eines Systemwechsels aktiv auseinandersetzen, sei es in Form eines abrupten Wandels oder eines gezielten Lernprozesses, der bestehende Strukturen weiterentwickelt und neue Steuerungsformen erprobt.

4.2.3 Software First: Organisationslogik unter Spannung

Mit dem Übergang zu softwaredefinierten Fahrzeugarchitekturen verschiebt sich die Wertschöpfung im Engineering grundlegend – weg von mechanischen Einheiten, hin zu digital gesteuerten, vernetzten Systemen. Doch diese technologische Neuausrichtung wird in vielen Unternehmen nicht durch eine entsprechende organisatorische Neuausrichtung begleitet. Die Folge: Die dominante Logik der mechanischen Entwicklung setzt weiterhin die Maßstäbe für Prozesse, Verantwortung und Projektsteuerung – und gerät zunehmend in Konflikt mit den Anforderungen agiler, iterativer Softwareentwicklung.

Die Fallstudien zeigen: Softwareteams arbeiten häufig isoliert von den übrigen Entwicklungseinheiten, mit eigenen Methoden, kürzeren Taktungen und unklarer Systemverantwortung. Gleichzeitig fehlt es an verbindlicher Abstimmung darüber, wie Softwarearchitekturen, Plattformlogik und funktionale Verantwortung aufeinander abgestimmt werden sollen. Immer wieder geraten Softwarespezifikationen und Hardwareentscheidungen in Konflikt – mit Auswirkungen auf Qualität, Timing und Koordinationsaufwand.

Zwar haben viele Unternehmen begonnen, agile Prinzipien, DevOps-Strukturen oder Continuous Integration in der Softwareentwicklung zu etablieren. Doch wenn diese Ansätze nicht organisatorisch rückgekoppelt werden – etwa durch gemeinsame Zielsysteme, übergreifende Architekturverantwortung oder strategische Priorisierung – bleibt die Softwareentwicklung strukturell nachgeordnet.

Strategisch gegründete Einheiten wie Software- oder Innovationsgesellschaften (z. B. CARIAD im VW-Konzern) sind zentrale Treiber der Transformation – doch ihre Rolle im Gefüge der Gesamtorganisation bleibt oft ungeklärt. Weder vollständig integriert noch eigenständig handlungsfähig, geraten sie in strukturelle Zielkonflikte: zwischen Konzernstrategie und Linienlogik, zwischen langfristiger Architekturentwicklung und markenspezifischen Anforderungen. Ohne klare Steuerungslogik, abgestimmte Entscheidungsrechte und Anschlussfähigkeit an die operative Produktentwicklung droht ihre Wirkung zu verpuffen – oder im Konzern systematisch blockiert zu werden.

Orientierungsbedarf: Software First als Herausforderung für die Organisationsentwicklung

Die Verschiebung hin zu einem »Software First«-Ansatz betrifft nicht nur die Produktarchitektur, sondern auch die Steuerungslogik der Organisation. Wenn Software das Produkt prägt, kann ihre Entwicklung nicht länger als technische Zuarbeit behandelt werden – sie muss zur tragenden Säule auch in der Aufbau- und Ablauforganisation werden.

Das erfordert neue Rollen und Zuständigkeiten: Systemarchitekt:innen, Softwareverantwortliche und funktionsübergreifende Schnittstellenpositionen müssen verbindlich verankert und mit Entscheidungskompetenz ausgestattet werden. Wo diese Rollen fehlen oder operativ entkoppelt bleiben, entstehen blinde Flecken – mit Folgen für Qualität, Integrationsfähigkeit und Time-to-Market.

Darüber hinaus fordert Software First, die Verantwortungsarchitektur des Unternehmens strategisch neu zu denken. Es geht nicht darum, Softwareentwicklung besser anzubinden – sondern darum, grundlegend zu klären, wer künftig Verantwortung für vernetzte, systemische Produktentscheidungen trägt, wer priorisiert und wer plattformübergreifend gestaltet. Solange diese Entscheidungen in einer primär hardwarezentrierten Logik getroffen werden, bleiben softwaregetriebene Perspektiven strukturell marginalisiert.

Erst wenn Entscheidungsrechte, Priorisierungsprozesse und Führungsrollen so gestaltet sind, dass Software systemisch mitgestalten kann, wird »Software First« zur Realität – nicht nur im Produkt, sondern in der Organisation selbst.

4.2.4 Zwischen funktionaler Trennung und Integration technischer Domänen

Die zunehmende Systemorientierung in der Fahrzeugentwicklung stellt hohe Anforderungen an die Integration der klassischen Domänen – Mechanik, Elektronik und Software. Doch in vielen Unternehmen folgen diese Bereiche weiterhin unterschiedlichen Logiken, Methoden und Entwicklungstakten. Die Folge ist ein organisatorisches Nebeneinander, das im Alltag immer wieder zu Konflikten führt.

Mechanik- und Elektronikentwicklung sind häufig funktional stark verankert, mit klaren Verantwortungsgrenzen und etablierten Prozessen. Die Softwareentwicklung hingegen agiert oft in separaten Teams, mit eigenen Zyklen und wenig struktureller Anbindung an das Gesamtsystem. Schnittstellen sind formal definiert, werden aber in der Praxis nicht gelebt. Anforderungen werden spät erkannt, Integration erfolgt unter Zeitdruck – mit Folgen für Qualität, Koordination und Projektlaufzeiten.

Vor diesem Hintergrund erproben Unternehmen unterschiedliche Ansätze, um die Integration voranzubringen: etwa domänenübergreifende Systemteams, Frontloading zur frühen Anforderungsklärung, die Einführung zentraler Architekturverantwortung oder den Einsatz technischer Lösungen wie PLM-Systeme und Model-Based Systems Engineering (MBSE).

Doch viele dieser Ansätze werden nur halbherzig umgesetzt und umgehen die eigentlichen Kernprobleme der Integration.« Systemteams sollen Integration fördern, stoßen aber an Grenzen, wenn Ressourcen oder Mandate fehlen. Frontloading versucht, späte Schnittstellenprobleme zu vermeiden, folgt aber oft der alten Logik früher Festlegung und gerät damit in Konflikt mit agilen Iterationen. Zentrale Architekturverantwortung kann Klarheit schaffen, läuft jedoch Gefahr, neue Zentralismen und politische Blockaden zu erzeugen. PLM- und MBSE-Ansätze bieten Potenzial für durchgängige Datenflüsse und virtuelle Integration, verlieren aber an Wirkung, wenn die organisatorische Einbettung fehlt und Fachbereiche weiter in ihren Routinen verharren.

Auch agile Skalierungsframeworks wie SAFe werden eingesetzt – häufig jedoch nur innerhalb der Softwareentwicklung. Statt Integration über alle Domänen hinweg zu fördern, entstehen so neue Brüche: Während Software-Teams agil arbeiten, bleiben Mechanik und Elektronik in klassischen Prozessen gefangen. Das verschärft die Taktungs- und Schnittstellenprobleme, anstatt sie zu lösen.

Doch diese Lösungen stoßen in der Praxis schnell an Grenzen: Entweder fehlt es an Ressourcen, um Teams wirklich interdisziplinär aufzustellen, oder an Mandaten, die Verantwortungsdiffusion verhindern. Häufig bleiben architekturbezogene Entscheidungen im politischen Spiel der Bereiche hängen. Auch agile Methoden verlieren ihre Wirkung, wenn sie nur auf Software beschränkt bleiben und keine strukturelle Integration mit mechanik- oder elektroniknahen Prozessen ermöglichen.

Die Folge: Einzelne Verbesserungen sind sichtbar, doch das Grundproblem der fragmentierten Produktentwicklung bleibt bestehen, weil die zugrunde liegenden Zielkonflikte nicht aufgelöst, sondern nur unterschiedlich austariert werden.

Orientierungsbedarf

Um Systemdenken wirklich umzusetzen, braucht es mehr als technische Standards oder modellbasierte Entwicklung. Gefordert ist eine organisatorische Rahmung, die die Zusammenarbeit über disziplinäre Grenzen hinweg unterstützt: durch gemeinsame Architekturverantwortung, integrierte Teams, übergreifende Rollen und strategisch abgestimmte Entwicklungstakte.

4.2.5 Entwicklung und Produktion: Entkoppelt statt integriert

In vielen Unternehmen ist die organisatorische Trennung von Entwicklung und Produktion historisch gewachsen. Sie folgt einem funktionalen Verständnis, in dem klare Zuständigkeiten, sequentielle Abläufe und arbeitsteilige Spezialisierung als Effizienzgaranten galten. Dieses Modell machte lange Sinn – insbesondere bei stabilen Produkten, planbaren Technologien und eingespielten Prozessen.

Bereits in der Vergangenheit wurde diese Trennung durch die weitgehende Verlagerung von Produktionskapazitäten an Low-Cost-Standorte zusätzlich vertieft: Räumliche Distanz, verlängerte Abstimmungswege und reduzierte Schnittstellen führten dazu, dass Rückkopplungen aus der Fertigung in die Entwicklung oft nur verzögert oder gar nicht stattfanden.

Doch in der Transformation stößt dieses Modell zunehmend an seine Grenzen: Wo Produkte, Prozesse und Anforderungen sich parallel verändern, wird die enge Kopplung zwischen Entwicklung und Produktion zum strategischen Erfolgsfaktor.

Trotzdem wird in vielen Unternehmen unter Kostengesichtspunkten weiterverlagert, mit der Folge, dass immer mehr Engineering-Standorte ohne direkten Zugang zum Erfahrungswissen aus der Produktion auskommen müssen.

Strategische Ziele wie die Beschleunigung von Entwicklungsprozessen, Stärkung der Resilienz und Änderungsfähigkeit im laufenden Betrieb sowie frühzeitige Integration von Produktionserfahrung in Innovationsprozesse laufen ins Leere, wenn Entwicklung und Produktion nicht nur in getrennten Logiken und Zielsystemen agieren, sondern auch räumlich entkoppelt sind. Damit fehlt die Rückkopplung, die für schnelle und fundierte Konstruktions- und Prozessentscheidungen notwendig wäre

Als Folge wurden in den Fallstudien über vielfältige Reibungsverluste, vermeidbare Aufwände und Notwendigkeit zu »Feuerwehr-Aktionen« berichtet.

Versuche, diese Kluft zu überbrücken, reichen von bereichsübergreifenden Anlaufsimulationen über »Simultaneous Engineering«-Ansätze bis hin zu funktionsübergreifenden Projektteams. Doch viele dieser Lösungen bleiben punktuell und sind oft nicht in der Aufbau- oder Steuerungslogik verankert.

Orientierungsbedarf

Das Zusammenspiel von Entwicklung und Produktion darf nicht dem Zufall überlassen, sondern muss bewusst in der Organisation verankert werden. Notwendig sind gemeinsame Zielsysteme,

crossfunktionale Teams, Verantwortlichkeiten und Prozesse, durchgängige IT-Systeme (PLM/MES) und eine Kultur der frühzeitigen Kooperation auf Augenhöhe.

Besonders für Unternehmen, die aktuell die letzten Produktionsanteile ins Ausland verlagern, lohnt ein kritischer Blick auf die veränderten Rahmenbedingungen: Mit beiden Bereichen vor Ort haben sie noch die Chance, darin liegende Vorteile zu nutzen und die Zusammenarbeit von Entwicklung und Produktion systematisch neu aufzusetzen – mit gemeinsamen Lern- und Ramp-up-Schleifen, kurzen Entscheidungswegen und direktem Feedback aus dem Shopfloor.

4.2.6 Plattformverantwortung ohne Plattformlogik

Die Einführung plattformbasierter Produktarchitekturen gilt als strategisches Mittel, um Variantenvielfalt zu beherrschen, Entwicklungsaufwände zu reduzieren und Synergien zwischen Baureihen zu schaffen. Doch in der Umsetzung entstehen neue Spannungen: zwischen Standardisierung und Flexibilität, zwischen zentralisierter Steuerung und dezentraler Verantwortung, zwischen Effizienzgewinn und wachsender struktureller Komplexität.

In mehreren Fallstudien wurde deutlich, dass Plattformstrategien und Modularisierung in der Praxis häufig nicht zur Vereinfachung, sondern im Gegenteil zur Verkomplizierung der Organisation führen. Die Zahl der Schnittstellen steigt, die Abstimmung zwischen disziplinen- und standortübergreifenden Teams wird schwieriger, zentrale Entscheidungen verlangsamen Prozesse, und Fehlerursachen lassen sich kaum noch isolieren.

Ein zentrales Symptom ist die wachsende strukturelle Überkomplexität: Module sind technisch entkoppelt, organisatorisch aber hochgradig voneinander abhängig. Langwierige Koordinationsschleifen, schwer nachvollziehbare Freigabeprozesse und bürokratische Hürden belasten zunehmend die tägliche Arbeit. Die versprochene Effizienz wird häufig durch zusätzlichen Abstimmungsbedarf wieder aufgezehrt, informelle Workarounds ersetzen systematische Lösungen und halten Projekte notdürftig am Laufen.

Plattformansätze sind der Versuch, systemische Verantwortung über Bereichsgrenzen hinweg zu verankern – etwa durch übergreifende Architekturstrukturen, modulare Bausteine und zentral koordinierte Entwicklungspfade. In der Praxis bleiben diese Plattformverantwortungen jedoch oft ohne ausreichende Entscheidungskompetenz und strukturelle Legitimation. Linienverantwortliche behalten operative Hoheit über Ressourcen und Ausprägungen, während die Plattformkoordination ins Leere läuft.

Zulieferer außerhalb strategischer Systempartnerschaften sehen sich mit der Anforderung konfrontiert, mehrere OEM-spezifische Plattformlogiken gleichzeitig bedienen zu müssen – meist ohne Mitgestaltungsmöglichkeit bei der Systemarchitektur. Das führt zu steigender Variantenkomplexität, höherem Anpassungsaufwand und wachsender Unsicherheit.

Darüber hinaus entstehen Standortrisiken: Unternehmen konzentrieren Plattform- und Innovationsentscheidungen zunehmend in zentralen Kompetenzzentren. Entwicklungsstandorte ohne

diese Funktionen verlieren an Autonomie, Entscheidungsspielraum und strategischer Relevanz. Für die Beschäftigten äußert sich dies in Form eingeschränkter Aufgabenprofile, geringerer Weiterbildungsperspektiven und abnehmender Beschäftigungsfähigkeit.

Diese Beobachtungen spiegeln sich auch im Verhältnis zu angrenzenden Funktionen wider – etwa zur Produktion, zum Einkauf oder zu externen Partnern. Ohne klare Schnittstellen und strategisch legitimierte Entscheidungswege bleibt Plattformverantwortung auf technische Fragen begrenzt, anstatt zur steuernden Instanz in einem integrierten Entwicklungsmodell zu werden.

Orientierungsbedarf: Von der Plattformidee zur gelebten Plattformorganisation

Plattform- und Modularisierungsstrategien sind mehr als ein technisches Steuerungsmodell – sie greifen tief in Arbeitsinhalte, Rollenprofile, Standortlogiken und Entwicklungsperspektiven ein. Umso wichtiger ist es, sie nicht nur von oben zu entwerfen, sondern auch von unten anschlussfähig zu machen.

Dazu braucht es ein neues Verständnis von Verantwortung im modularisierten System: Nicht nur Architekt:innen und Steuerungseinheiten müssen Plattformlogiken durchdringen, sondern auch die Mitarbeitenden an den Schnittstellen, in der Umsetzung und in der operativen Entwicklung. Die Voraussetzung dafür ist Transparenz über Systemzusammenhänge, Beteiligung an Entscheidungen und Klarheit über Rollen und Entwicklungspfade.

Gerade an Entwicklungsstandorten außerhalb zentraler Innovationszentren entsteht Orientierungsbedarf: welche Aufgaben haben wir künftig? Welche Kompetenzen brauchen wir? Wie sichern wir Beschäftigungsfähigkeit und Motivation?

Antworten darauf erfordern

- systematische Einbindung in Plattformentwicklungen – nicht nur Umsetzung, sondern auch Rückmeldung und Einfluss,
- proaktive Kompetenzentwicklung, abgestimmt auf neue Rollen in modularisierten Prozessen,
- strategischen Dialog über Standortentwicklung – nicht als Reaktion auf Bedeutungsverlust, sondern als vorausschauende Perspektive.

Nur wenn Modularisierung auch auf der Ebene der Arbeit und Zusammenarbeit gestaltbar wird, kann sie ihr Potenzial entfalten – ohne Frustration, Entwertung und organisatorische Blockaden. Dafür braucht es eine strukturelle Legitimation, klare Rollen sowie funktionsübergreifende Governance-Modelle und Steuerungsmechanismen, die systemisches Denken gegenüber Bereichslogiken stärken.

4.2.7 Governance unter Stress

Wenn Strategien versanden und Projekte ins Stocken geraten, wird häufig die Steuerung verstärkt: zusätzliche Gremien, detailliertere Reportings, engere Kontrolle. Was als Antwort auf Komplexität gedacht ist, führt in der Praxis oft zu noch mehr Komplexität – insbesondere dann, wenn keine klare strategische Linie erkennbar ist. Die Governance gerät unter Stress. Es gelingt immer weniger,

strategische Ziele, operative Umsetzung und Verantwortlichkeiten durch kohärente Strukturen, Prozesse und Entscheidungsmechanismen wirksam aufeinander zu beziehen.

In vielen Unternehmen hat sich so ein Zustand kurzfristiger Reaktionssteuerung etabliert. Statt strategischer Weichenstellungen dominieren operative Ad-hoc-Entscheidungen. Eskalation wird zum Normalfall, Prioritäten wechseln im Monatsrhythmus, Steuerungsgremien agieren reaktiv.

Zudem entsteht in den Fallstudien der Eindruck, dass klassische Key Performance Indicators (KPIs) in dynamischen und komplexen Umfeldern zunehmend an ihre Grenzen stoßen – insbesondere dort, wo Flexibilität, Lernfähigkeit und Anpassung wichtiger wären als reine Zielerreichung. Statt Orientierung zu geben, erzeugen bestehende Steuerungsformate zunehmend Reibung und Unsicherheit.

Orientierungsbedarf: Neue Steuerungsansätze gezielt einsetzen

In der Transformation müssen Unternehmen über neue Steuerungsformate nachdenken, um strategische Orientierung auch unter dynamischen Bedingungen aufrechtzuerhalten und Umsetzung wirksam zu unterstützen. Ansätze wie Objectives and Key Results (OKR) oder die Balanced Scorecard versprechen mehr strategische Fokussierung, kürzere Zyklen und eine stärkere Verbindung zwischen Zielen und operativem Handeln. Sie können einen Beitrag dazu leisten, Steuerung flexibler, transparenter und beteiligungsorientierter zu gestalten.

OKR – Objectives and Key Results

OKR (Objectives and Key Results) ist ein agiles Zielsystem, das qualitative Zielsetzungen (»Objectives«) mit konkreten, messbaren Ergebnissen (»Key Results«) verbindet. Es wird in kurzen Zyklen (meist quartalsweise) angewendet und legt den Fokus auf Transparenz, gemeinsame Ausrichtung und lernorientierte Steuerung – über Abteilungsgrenzen hinweg.

Im Unterschied zu klassischen Zielvereinbarungen geht es bei OKR nicht primär um individuelle Leistungssteuerung, sondern um teambezogene Zielklärung und die Ausrichtung aller Beteiligten auf gemeinsame, strategisch priorisierte Ziele. OKRs werden oft gemeinsam im Team erarbeitet, regelmäßig reflektiert und bei Bedarf angepasst.

Aus Mitbestimmungssicht ist OKR relevant, weil es neue Formen der Steuerung, Zielvorgabe und Bewertung einführt – mit möglichen Auswirkungen auf Arbeitsinhalte, Leistungserwartungen, Führungsbeziehungen und Entlohnung. Eine frühzeitige Einbindung des Betriebsrats ermöglicht es, Chancen und Risiken gemeinsam zu bewerten und Gestaltungsansprüche abzusichern.

Gleichzeitig zeigen erste Erfahrungen, dass die parallele Einführung mehrerer Steuerungssysteme – etwa zusätzlich zu bestehenden KPI-Logiken – neue Komplexitäten erzeugen kann. Ohne eine klare Verknüpfung und Abstimmung der verschiedenen Steuerungsebenen entstehen Zielkonflikte, Mehrdeutigkeiten in der Prioritätensetzung und zusätzlicher Abstimmungsaufwand.

Gerade im Fall von OKR ist entscheidend, dass es nicht als weiteres Berichtsinstrument, sondern als lernorientiertes Steuerungsformat mit Fokus auf Kommunikation, Reflexion und gemeinsame Zielklärung eingeführt wird. Dies setzt voraus, dass Führungskräfte, Teams und Betriebsrat in die Entwicklung eingebunden sind, Ziele transparent hergeleitet und regelmäßig überprüft werden und

die Anwendung im Alltag aktiv begleitet wird. Eine transparente Einführung schafft Vertrauen und kann helfen, Zielsysteme so zu gestalten, dass sie sowohl den strategischen Anforderungen des Unternehmens als auch den Interessen der Beschäftigten gerecht werden.

4.2.8 Den Umbau gestalten: Ansatzpunkte

Die vorangegangenen Kapitel haben zentrale strukturelle Herausforderungen sichtbar gemacht, mit denen viele Engineering-Organisationen in der Transformation konfrontiert sind: veraltete Linienlogiken, konflikthafte Matrixstrukturen, fehlende Integration von Software, überforderte Plattformverantwortung und eine Steuerung, die Orientierung immer seltener leisten kann. In der Summe deuten diese Spannungen darauf hin, dass nicht einzelne Prozesse oder Tools überarbeitet werden müssen – sondern die Organisation selbst zum Gegenstand von Gestaltung werden muss.

Doch wo anfangen, wenn vieles miteinander zusammenhängt? Wie lässt sich struktureller Handlungsbedarf konkretisieren, ohne vorschnell in Lösungen zu verfallen? Und wie gelingt es, den organisatorischen Umbau nicht als Technik- oder Führungsprojekt, sondern als gemeinsame Aufgabe zu verstehen?

Um dabei zu unterstützen, wurde die folgende Übersicht mit acht strukturellen Ansatzpunkten entwickelt – orientiert an den wiederkehrenden Problemkonstellationen im Engineering. Die Themenfelder laden zur Selbstprüfung ein: wo spüren wir Reibung? Was kommt immer wieder – und bleibt doch unbearbeitet? Und welche strukturellen Stellschrauben sollten auf die Agenda?

Engineering-Organisation – wo ansetzen?

1. **Einstieg: Wahrnehmung von strukturellem Handlungsbedarf**
   Müssen wir den organisatorischen Umbau des Engineerings zum Thema machen?
2. **Linienorganisation und Strukturträgheit**
   Ist unsere Linienstruktur anschlussfähig an neue Anforderungen – oder steht sie systemischem Denken und bereichsübergreifender Steuerung im Weg?
3. **Software First**
   Haben wir die Softwareentwicklung strategisch integriert – oder wird weiterhin primär aus Sicht klassischer Domänen entschieden?
4. **Integration der Domänen**
   Werden Mechanik, Elektronik und Software bei uns wirklich als zusammenhängendes System behandelt – oder dominieren noch disziplinäre Silos?
5. **Entwicklung und Produktion**
   Ist die Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Produktion strukturell verankert – oder erfolgt sie vor allem punktuell und zu spät?
6. **Plattformverantwortung**
   Tragen unsere Plattformstrukturen zur Vereinfachung und Integration bei – oder verstärken sie die organisatorische Komplexität?

7. **Matrixorganisation**
   Bietet die Matrix die nötige Flexibilität für komplexe Entwicklungsprozesse – oder lähmt sie durch doppelte Verantwortlichkeiten und Zielkonflikte?
8. **Governance und Steuerungssysteme**
   Gibt es eine klare Governance-Struktur, die Wandel ermöglicht – oder wird Steuerung vor allem als Kontrolle erlebt?
9. **Wege des organisatorischen Wandels**
   Gibt es Anzeichen dafür, dass unser Umgang mit Veränderung eher reaktiv als strategisch ist – und daraus struktureller Entwicklungsbedarf entsteht?

4.3 Globalisierung unter neuen Vorzeichen

Globalisierung ist kein neues Thema im Automotive Engineering – wohl aber ihre Dynamik und Richtung. Längst geht es nicht mehr nur um Effizienzgewinne und Kostensenkung, sondern um geopolitische Verwerfungen, neue technologische Abhängigkeiten und die Notwendigkeit, globale Präsenz mit lokaler Relevanz zu verbinden.

Heute geht es bei Globalisierungsentscheidungen nicht nur um Kostenoptimierung. Die globale Verteilung von Entwicklungsleistungen zielt auf Nähe der Entwicklung zu wachstumsstarken Märkten mit ihren spezifischen Kundenbedürfnissen und auf die Präsenz in neue Innovationsnetzwerken. Sie sind zunehmend polyzentrisch organisiert – mit neuen Akteuren aus China, Indien oder dem Silicon Valley, die eigene Standards, Entwicklungslogiken und Machtansprüche einbringen.

Die frühere Vorstellung zentraler Steuerung und Standardisierung verliert hier an Gültigkeit. Es entstehen parallele Innovationspfade und differenzierte Kooperationsmodelle. Auch die klare Rollenteilung – Konzeption und Steuerung hier, Umsetzung dort – weicht einer dynamischen Kompetenzverteilung. Notwendig sind neue Formen der Zusammenarbeit, die nicht mehr dem Modell »verlängerte Werkbank« folgen, sondern auf Entwicklungspartnerschaft auf Augenhöhe setzen.

Globale verteilte Entwicklung: Typische Spannungsfelder

- **Globale Standards vs. lokale Entwicklungsrealitäten**: Harmonisierung von Tools, Prozessen und Architekturen stößt an Grenzen, wenn Standorte eigene Methoden und Anforderungen entwickeln.
- **Zentrale Steuerbarkeit vs. Eigenlogik verteilter Standorte**: Globale Steuerungsmodelle geraten an ihre Grenzen, wenn Standorte für Marktzugang unverzichtbar werden und eigene Prioritäten setzen.
- **Plattformdisziplin vs. lokale Innovationsfreiheit**: Der Druck zur Standardisierung von Produktarchitekturen kollidiert mit dem Bedarf an schneller Anpassung und lokaler Problemlösung.
- **Kostensenkung vs. strategische Zukunftsfähigkeit**: Niedrigkostenlogik verliert an Schlagkraft; entscheidend wird, ob Standorte Kompetenzen für Robustheit, Anpassungsfähigkeit und Technologieentwicklung aufbauen.

- **Kontrolle vs. Vertrauen in globalen Teams**: Zeitverschiebungen, kulturelle Unterschiede und virtuelle Zusammenarbeit erschweren Koordination; gefragt ist Vertrauen in eigenständige Arbeit statt Mikromanagement.

Beobachtungen aus der Praxis

Aus dem Alltag global verteilter Entwicklung wird über zahlreiche praktische Probleme berichtet:

- **Ineffiziente Prozesse**: Fachliche, sprachliche und (unternehmens-)kulturelle Hürden erschweren die Zusammenarbeit und führen zu Mehraufwand.
- **Hohe Fluktuation**: Vor allem an Low-Cost-Standorten verhindert sie nachhaltigen Kompetenzaufbau und belastbare Kooperationsbeziehungen.
- **Fehlende informelle Netzwerke**: persönliche Kontakte und spontane Kommunikation fehlen – mit Folgen für Geschwindigkeit, Vertrauen und Qualität.
- **Fehlende Balance zwischen Standardisierung und Agilität**: global einheitliche Prozesse hemmen die Flexibilität vor Ort.
- **Erfahrungsverlust**: der Zugang zu produktionsnahem Erfahrungswissen bricht ab, wenn Entwickler:innen nur noch spezifizieren und nicht mehr umsetzen.
- **Verdeckte Machtspiele zwischen Standorten**: Auf »verlängerte Werkbank« reduzierte Standorte sichern sich Handlungsspielräume durch Intransparenz und informelle Strategien – mit Folgen für Vertrauen und Effizienz.

Aktuell hören wir in den Unternehmen, die Entwicklungsleistungen global verteilen: »Am Anfang war es sehr schwierig. Jetzt läuft es hinreichend gut«. Vor allem das Management hebt hervor, dass Entwicklungsarbeit durch die Digitalisierung unabhängig werde von direkter Kommunikation vor Ort, Prozesse, Arbeitsteilung, Vorgehen und Fachsprache global angeglichen wurden und Kompetenzen an den Low-Cost-Standorten in den letzten Jahren massiv gestiegen seien.

Auf der anderen Seite fehlen oft verlässliche Messmethoden, um Aufwand und Risiken zu quantifizieren. Aussagen wie »Ob sich das rechnet, ist unklar« spiegeln die Unsicherheit und Skepsis wider, die von Mitarbeitern und Projektleitern geäußert wird.

Hinweise auf die oben skizzierten Schwierigkeiten in der Praxis und ihre Folgen für Effizienz, Flexibilität und Arbeitsbelastung, werden im Alltag allerdings kaum noch offen thematisiert, spielten allerdings in unseren Interviews eine erhebliche Rolle. Sie können angesichts der aktuellen Herausforderungen der Transformation verstärkt zum Problem werden und die Transformationsfähigkeit von Unternehmen und Standorten behindern.

Orientierungsbedarf: Standortkompetenz strategisch klären und gezielt stärken

In vielen Unternehmen war Standortkompetenz lange kein strategisches Thema – sie galt als gegeben, wurde aber nicht bewusst entwickelt oder verteidigt. In der aktuellen Phase der Transformation stellt sich diese Frage neu: Wo stehen wir eigentlich im Konzert global verteilter Entwicklungsstandorte? Welche Beiträge leisten wir – und welche müssten wir künftig leisten, um unverzichtbar zu bleiben?

Eine realistische Bestandsaufnahme ist dabei der erste Schritt. Sie erfordert die Zusammenarbeit verschiedener betrieblicher Akteure, die gemeinsam Perspektiven aus Technik, Organisation, Beschäftigung und Führung einbringen. Standortkompetenz sollte nicht als individuelle Fähigkeit, sondern als kollektives, strukturell verankertes Leistungspotenzial verstanden werden.

Daraus lassen sich Kriterien für künftige Standortrollen ableiten – z. B. besondere Systemverantwortung, schnelle Problemlösungsfähigkeit, technologische Integrationsleistung oder produktionsnahe Entwicklungskompetenz. Auf dieser Grundlage kann eine gemeinsame Umsetzungsstrategie entstehen, die Qualifizierung, Ressourcenzuweisung, Aufgabenverteilung und Verantwortungsstruktur strategisch ausrichtet.

Ein zentraler Hebel dabei ist die realistische, ungeschönte Analyse aktueller Prozesse in global verteilten Entwicklungsprojekten. Wo stehen wir tatsächlich in Bezug auf Effizienz, Flexibilität und Belastung für die Beschäftigten? Wo werden Kooperationsprobleme kompensiert – etwa durch Mehrarbeit, ständige Rückfragen oder nicht dokumentierte Zusatzaufgaben – und was sagt das über die Nachhaltigkeit bestehender Strukturen aus?

Canvas: Standortkompetenz im globalen Entwicklungsverbund

Ziel: Im Rahmen eines standortübergreifenden Workshops wird gemeinsam analysiert, welche Rolle der eigene Standort im globalen Gefüge einnimmt, welche strategischen Beiträge er heute leistet – und welche künftig erforderlich sind, um systemisch relevant zu bleiben.

Fragenfeld	Leitfragen für die Analyse
Selbstverständnis des Standorts	Welche Aufgaben erfüllen wir heute? Was macht unsere Kompetenz aus?
Globale Einbindung	Wie sind wir in internationale Entwicklungsprozesse eingebunden? Wo erleben wir Brüche oder fehlende Einflussmöglichkeiten?
Strategische Beiträge	Welche Leistungen machen uns im Verbund systemisch relevant? Welche Kompetenzen, Alleinstellungsmerkmale oder Integrationsleistungen sollten wir stärken?
Reibungs- und Schwachstellen	Wo entstehen operative Spannungen, Doppelarbeiten, Missverständnisse oder unnötige Abhängigkeiten?
Lern- und Erfahrungsräume	Wo findet Lernen durch Umsetzung statt? Was geht durch Arbeitsteilung und virtuelle Zusammenarbeit verloren? Wie kann Erfahrungs-wissen gesichert und weitergegeben werden?
Zusammenarbeit & Führung	Wie wird standortübergreifend geführt? Was stärkt Vertrauen, Eigenverantwortung und Koordination? Welche Führungslogik brauchen global vernetzte Teams?
Handlungsoptionen und Hebel zur Umsetzung	Welche Veränderungen sind am Standort erforderlich – bei Prozessen, Strukturen, Ressourcen, Rollen, Führung oder Qualifizierung? Welche Anforderungen ergeben sich an Konzernentscheidungen, um Standortkompetenz zu sichern?
Zielbild & strategische Standortpositionierung	Welches langfristige Zielbild verfolgen wir für unseren Standort? Welche Rolle wollen wir im globalen Entwicklungsverbund einnehmen? Wie stimmen wir dieses Zielbild mit der Konzernstrategie ab?

Die Analyse sollte nicht der Kontrolle dienen, sondern der Klärung: Welche Ressourcen fehlen? Welche Schnittstellen sind unklar? Wo entstehen systematische Reibungsverluste? Wo behindern Steuerungslogiken die Zusammenarbeit? Und was braucht es, um die Rollen, Zuständigkeiten und Rahmenbedingungen global verteilter Teams so zu gestalten, dass sie arbeitsfähig, lernfähig und innovativ bleiben?

Zum Weiterlesen

- Schwarz-Kocher, Martin; Krzywdzinski, Martin; Korflür, Inger; u. a. (Hrsg.) (2019): Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie: die Situation in Deutschland und Mittelosteuropa unter dem Druck veränderter globaler Wertschöpfungsstrukturen, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Study / Hans-Böckler-Stiftung). https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-007098/p_study_hbs_409.pdf
- Will-Zocholl, Mascha (2011): Wissensarbeit in der Automobilindustrie: Topologie der Reorganisation von Ingenieursarbeit in der globalen Produktentwicklung, 1. Auflage., Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.

4.4 Agile Engineering – zwischen Wunsch und Wirklichkeit

Die Transformation im Engineering stellt Unternehmen vor wachsende Anforderungen an Flexibilität, Geschwindigkeit und Lernfähigkeit. Neue Technologien, sich wandelnde Kundenbedarfe und verkürzte Innovationszyklen zwingen Entwicklungsorganisationen dazu, ihre Arbeitsweisen zu überdenken. Klassische Prozesse und Strukturen geraten zunehmend an ihre Grenzen, wenn es darum geht, unter unsicheren Bedingungen schnell handlungsfähig zu sein.

Agile Ansätze versprechen genau hier Abhilfe: durch iterative Entwicklung, interdisziplinäre Teams und mehr Eigenverantwortung vor Ort.

Was heißt eigentlich agil arbeiten?

Agiles Arbeiten bezeichnet einen Ansatz zur Entwicklung und Zusammenarbeit, der auf kurze Zyklen, direkte Kommunikation, kontinuierliches Feedback, Empowerment und selbstorganisierte Teams setzt. Im Zentrum steht nicht eine individuelle Haltung, sondern die Ermöglichung und strukturelle Unterstützung selbstorganisierter Teamarbeit. Dabei werden viele frühere Führungsaufgaben und -entscheidungen gezielt in die Teams verlagert – etwa Priorisierung, Zeitplanung oder Umsetzungsentscheidungen –, um Schnelligkeit und Flexibilität in der Entwicklung zu ermöglichen. Agilität erfordert geeignete Rahmenbedingungen, Rollen, Entscheidungsräume und eine Kultur, die Verantwortung ermöglicht und absichert – erst dann kann sie ihre Wirkung entfalten.

Zentrale Methoden:

- **Scrum**: rollenbasiertes Arbeiten in kurzen Iterationen (Sprints), mit Daily Stand-ups, Reviews und Retrospektiven (https://scrumguides.org)
- **Kanban**: visuelle Steuerung des Arbeitsflusses, Fokus auf kontinuierliche Verbesserung.
- **Design Thinking / Lean Startup**: nutzerzentrierte Problemlösung mit schnellen Prototypen und iterativen Lernprozessen.

Typische Elemente agiler Vorgehensweise:

- Kurze, zyklische Arbeitsphasen
- Klare Rollen (z. B. Product Owner, Scrum Master)
- Transparente Priorisierung von Aufgaben
- Regelmäßige Feedback- und Lernschleifen (z. B. Retrospektiven zur kontinuierlichen Verbesserung)

Korrespondierende Organisationsmodelle:

- **SAFe (Scaled Agile Framework)**: skalierbares Modell für große Organisationen mit klaren Verantwortlichkeiten und Taktung (https://framework.scaledagile.com)
- **Spotify-Modell**: Netzwerk aus autonomen, aber vernetzten Teams (Squads, Tribes, Chapters, Guilds) (https://blog.crisp.se/wp-content/uploads/2012/11/SpotifyScaling.pdf)
- **Holokratie**: radikales Konzept der Selbstorganisation ohne klassische Führungshierarchie (https://www.holacracy.org)

Empowerment als Schlüssel: im Zentrum agilen Arbeitens steht das Empowerment der Teams: Sie übernehmen Verantwortung für Ziele, Entscheidungen und Prozesse – unterstützt durch Führung, nicht kontrolliert. Nur wenn Strukturen, Kultur und Führung dies zulassen, kann Agilität ihre Wirkung entfalten.

Doch obwohl diese Prinzipien in vielen Unternehmen diskutiert werden, bleibt ihre Umsetzung im Engineering häufig Stückwerk. In den untersuchten Fall- unternehmen spielt Agilität bislang nur eine untergeordnete Rolle – oft beschränkt auf Pilotprojekte oder einzelne Methoden.

Das wirft zentrale Fragen auf: Was bedeutet »agiles Arbeiten« im Kontext der physischen Produktentwicklung? Welche strukturellen und kulturellen Hürden stehen einer breiten Umsetzung im Weg? Und wie lassen sich agile Prinzipien sinnvoll in bestehende Engineering-Logiken integrieren?

Dieses Kapitel zeigt, warum Agilität im Engineering mehr ist als ein Methodenkoffer – und warum sie ohne organisatorische und kulturelle Veränderungen kaum Wirkung entfaltet.

Agile Methoden – Hoffnungsträger mit strukturellen Herausforderungen

Von betrieblichen Praktikern wird auf strukturelle Probleme bei der Einführung agiler Methoden im Umfeld physischer Produkte hingewiesen. Die Herausforderungen liegen nicht in erster Linie in der Methode selbst, sondern in ihrer Einbettung in bestehende technische, normative und organisatorische Rahmenbedingungen.

Entwicklung physischer Produkte in sequenziellen Prozessen: anders als in rein digitalen Kontexten sind in der physischen Produktentwicklung Hardware, Elektronik und Software eng miteinander verflochten. Änderungen lassen sich nicht einfach rückgängig machen, Entwicklungsschritte bauen sequenziell aufeinander auf. Das erschwert iterative Schleifen und macht flexible Reaktionsmöglichkeiten im Projektverlauf oft unmöglich.

Normative Anforderungen: Sicherheits- und Qualitätsnormen wie ISO 26262 oder ASPICE schreiben bestimmte Prozesse, Dokumentationen und Freigaben zwingend vor. Die damit verbundenen Pflichten lassen sich nur schwer mit agilen Prinzipien wie »Working Software over comprehensive documentation« vereinbaren. Gerade in sicherheitskritischen Bereichen dominiert weiterhin ein Compliance-getriebenes Vorgehen.

Verankerung des V-Modells: in vielen Unternehmen ist das V-Modell tief in Prozessen, Rollen und Denkweisen verankert. Es suggeriert Planbarkeit, Vollständigkeit und technische Kontrolle – Werte, die in klassischen Entwicklungsabteilungen hoch angesehen sind. Die Vorstellung, dass Anforde-

rungen im Verlauf angepasst oder sogar grundlegend hinterfragt werden dürfen, wirkt hier oft als Kontrollverlust.

Hierarchische Organisation und Führung: viele agile Initiativen scheitern nicht an der Haltung der Beschäftigten, sondern an der Trägheit der Linienorganisation.

Ohne Veränderungen in Prozessen, Rollen, Normenverständnis und Führung bleibt Agilität ein Etikett – und wird schnell zur Quelle neuer Frustration.

Fake Scrum – wenn neue Begriffe alte Strukturen kaschieren

In vielen Unternehmen werden agile Begriffe und Rollen eingeführt, ohne dass sich an den dahinterliegenden Strukturen und Entscheidungslogiken etwas ändert. Scrum Master und Product Owner existieren auf dem Papier – ihre Aufgaben sind aber nicht klar definiert oder werden von der Linienführung unterlaufen. Teams sollen Verantwortung übernehmen, erhalten aber weder echte Entscheidungsbefugnis noch den notwendigen Rückhalt bei Konflikten oder Zielkonflikten. Die Folge ist ein Zustand, der oft als »Fake Scrum« beschrieben wird: Agilität wird zur Fassade, hinter der klassische Steuerung weiterläuft.

Aus Unternehmenssicht führt dies zu einem doppelten Risiko: Einerseits bleiben erhoffte Effekte wie kürzere Entwicklungszyklen, bessere Nutzerorientierung oder motiviertere Teams aus. Andererseits wächst der Reibungsverlust – denn statt klarer Prozesse herrscht ein unklarer Mischbetrieb. Die Methoden selbst geraten in Misskredit, obwohl das eigentliche Problem in ihrer unpassenden Einbettung liegt.

Aus Sicht der Beschäftigten entsteht ein Gefühl der Enttäuschung und Demotivation. Sie erleben Agilität als rhetorischen Trick, nicht als tatsächliche Aufwertung ihrer Arbeit. Verantwortung wird ihnen formal zugeschrieben, ohne dass die strukturellen Voraussetzungen stimmen – eine Konstellation, die schnell in Überforderung oder stillem Rückzug mündet. Wo neue Begriffe alte Verhältnisse kaschieren, entsteht keine Lernkultur – sondern eine neue Form des Misstrauens.

Überlastung statt Empowerment

Agile Methoden versprechen mehr Selbstorganisation, kürzere Zyklen und schnellere Entscheidungen. In der Praxis erleben viele Beschäftigte jedoch das Gegenteil: die Arbeit wird enger getaktet, der Druck steigt, echte Gestaltungsspielräume fehlen. Viele Teams berichten von einem steigenden Gefühl permanenter Überforderung. Die hohen Erwartungen an kontinuierliche Ergebnisse, tägliche Abstimmungen und regelmäßige Reviews erzeugen einen Takt, der mit den langen Entwicklungs- und Testzyklen physischer Produkte kaum vereinbar ist. Hinzu kommt: Die Zeit für Reflexion, Planung oder kreative Lösungsfindung wird immer knapper. Beschäftigte fühlen sich, als würden sie in einer Endlosschleife kurzfristiger Zielerreichung gefangen sein – ohne Einfluss auf das große Ganze.

Teams geraten zudem durch unrealistische Sprint-Planungen unter Druck – teils selbst verschuldet, teils durch externe Einflüsse wie Produktmanagement, Einkauf oder Linienvorgaben. Besonders kritisch wird es, wenn Mitarbeitende gleichzeitig in Linie und Team eingebunden sind: Dann entste-

hen unauflösbare Zielkonflikte und Belastungsspitzen, für die weder die Linienorganisation noch das agile Team Verantwortung übernimmt.

Häufig fehlt ein aktiver Scrum Master, der das Team unterstützt, schützt und für nachhaltige Selbstorganisation sorgt. Auch die betriebliche Rolle des Product Owners erweist sich in vielen Fällen als dysfunktional und im Widerspruch zum Rollenbild etwa bei Scrum. Statt sich auf das Was, also die Pflege des Product Backlogs sowie die Priorisierung von Anforderungen zu konzentrieren, greift er dann auch in das Wie ein – also in die Organisation des Arbeitsprozesses –, über das grundsätzlich das Entwicklungsteam entscheidet. Eine klassische Führungskraft unter neuem Namen. Ein fehlendes Verständnis dieser Rollen untergräbt das zentrale Versprechen agiler Methoden: Empowerment. Ergebnis: Agilität kippt zur Leistungsverdichtung – mit dem Gefühl, »am Fließband zu arbeiten«.

Orientierungsbedarf: Vom Methodenkoffer zur Organisationsentwicklung

Deshalb gilt: Wer Agilität will, muss sie ernsthaft wollen. Agil arbeiten bedeutet, Verantwortung zu teilen, Entscheidungsräume zu öffnen und Lernen zum Prinzip zu machen. Das gelingt nur, wenn Agilität strategisch verstanden und organisationsweit verankert wird.

Im Zentrum steht dabei die Frage: Wie kann eine Organisation den notwendigen Freiraum für agile Arbeitsweisen schaffen, ohne die Anforderungen an Qualität, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit zu vernachlässigen? Dazu gehören verbindliche Rollen mit echten Entscheidungsspielräumen, ein kluges Zusammenspiel zwischen agilen und nicht-agilen Bereichen sowie eine Führung, die nicht kontrolliert, sondern ermöglicht. Besonders wichtig ist die **verbindliche und transparente Regelung der zentralen Rollen**: der Scrum Master muss als Prozessverantwortlicher etabliert sein, der das Team schützt, begleitet und Empowerment aktiv fördert. Der Product Owner braucht eine klar umrissene Rolle mit tatsächlicher Entscheidungskompetenz hinsichtlich Priorisierung, Abnahme und Zielklärung. Erst wenn diese Rollen in der Organisation verankert, legitimiert und handlungsfähig sind, kann Agilität mehr sein als ein methodisches Etikett.

Agilität heißt auch: den **Wandel als Lernprozess gestalten**. Es braucht geschützte Experimentierräume, iterative Entwicklung auch in der Organisationsgestaltung und eine begleitende Reflexion der Erfahrungen durch alle Ebenen hindurch. Entscheidend ist nicht die Methode, sondern die Fähigkeit zur gemeinsamen Navigation in komplexen, widersprüchlichen und dynamischen Umfeldern.

Agile Teams brauchen agile Unternehmen: Denn agile Inseln scheitern oft an zentraler Steuerung, unverbundenen Planungszyklen oder mangelnder Abstimmung zwischen Mechanik, Elektronik und Software. Damit Agilität skaliert, muss sie durch unternehmensweite Strukturen gestützt werden. Hierfür stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung: z. B. das strukturierte SAFe-Framework (Scaled Agile Framework), das dezentral-vernetzte Spotify-Modell und die radikale Selbstorganisationslogik der Holokratie. Welche Variante gewählt wird, ist zweitrangig – entscheidend ist, dass der organisatorische Rahmen konsequent auf Zusammenarbeit, Transparenz und Lernfähigkeit ausgerichtet ist.

Handlungsempfehlungen für die Praxis

Agile Transformation gelingt nur, wenn sie konsequent als organisatorischer Wandel verstanden wird. Die folgenden Empfehlungen richten sich an Projektverantwortliche, Führungskräfte und Betriebsräte, die den Übergang aktiv gestalten wollen:

1. **Zielbild entwickeln**: Potenziale und Reichweite des Wandels klar benennen – und sich bewusst für die damit verbundenen Veränderungen entscheiden.
2. **Agile Rollen und Prozesse verbindlich klären**: Aufgaben von Scrum Master, Product Owner, Umsetzungsteam und anderen agilen Rollen sowie agile Prozesse (insbesondere Retrospektiven) transparent und verlässlich regeln – z. B. über Betriebsvereinbarungen.
3. **Organisation weiterentwickeln**: Führungslogik, Kultur, Personalmanagement und Strukturen auf agiles Arbeiten ausrichten und ggf. die Zusammenarbeit zwischen agilen und nicht-agilen Bereichen tragfähig gestalten.
4. **Leistungskultur gestalten**: Regeln, wie Leistung definiert und anerkannt wird. Selbstregulationsfähigkeit der Teams durch Kompetenzen und Empowerment stärken, Zielvereinbarungen kritisch prüfen.
5. **Vertrauenskultur fördern**: Transparente und verlässliche Rollen, Prozesse und Spielregeln im Arbeitsalltag schaffen und leben. Spannungen offen und auf Augenhöhe bearbeiten und Führungskultur konsequent in Richtung Vertrauen statt Kontrolle entwickeln.
6. **Personalentwicklung neu ausrichten**: An den Anforderungen agilen Arbeitens orientieren (Selbstorganisation, interdisziplinäres Arbeiten, Systemverständnis, neue Rollen und Methoden). Personalentwicklung selbst agil gestalten.
7. **Mitbestimmung weiterentwickeln**: Betriebsrat als aktiven Mitgestalter agiler Arbeit positionieren – Lösungen für gute agile Arbeit einbringen, bestehende Vereinbarungen kritisch prüfen, Betriebsvereinbarungen als Gestaltungsinstrument für Rollen, Prozesse und Spielregeln nutzen und Beschäftigten Rückendeckung im agilen Arbeitsalltag geben.
8. **Einführungsprozess gestalten**: Agiles Arbeiten als gemeinsamen Lernprozess anlegen – mit klarer Orientierung, aktiver Beteiligung aller Akteure und iterativen Anpassungen, in denen Konflikte offen bearbeitet und Lösungen entwickelt und die genannten Gestaltungsfelder im Zusammenspiel gestaltet werden.

Diese Empfehlungen schaffen die Voraussetzungen dafür, dass agile Arbeitsweisen mehr werden als ein Etikett und sich in tragfähige, produktive und motivierende Formen der Zusammenarbeit übersetzen.

Zum Weiterlesen

- Baukrowitz, Andrea; Hageni, Karl-Heinz (2020): Agiles Arbeiten mitgestalten – Strategie und Handlungsfelder der Mitbestimmung. Mitbestimmungspraxis Nr. 30, Düsseldorf, 87 Seiten, https://www.imu-boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-007669
- Boes, A. et al. (Hrsg.) (2020): Empowerment in der agilen Arbeitswelt. Stuttgart: Haufe
- Kämpf, T. (o.J.): Knackpunkt Empowerment. https://www.igmetall.de/politik-und-gesellschaft/zukunft-der-arbeit/digitalisierung/knackpunkt-empowerment
- Redmann, Britta (2017): Agiles Arbeiten im Unternehmen: rechtliche Rahmenbedingungen und gesetzliche Anforderungen, 1. Auflage., Freiburg München Stuttgart: Haufe Gruppe.

- Sonnen-Aures, Klaus-Theo (2020): Selbstorganisiert und selbstbestimmt. Die DB Systel auf dem Weg in die neue Arbeitswelt. In: Boes, A. et al. (Hrsg.): Empowerment in der agilen Arbeitswelt. Stuttgart: Haufe, S. 79–91.
- Ulrich, A. (2019): Im Dialog. Transformation der DB Systel https://unternehmensdemokraten.de/2019/11/25/im-dialog-transformation-der-db-systel-teil-1/
- Weiss, Stefan; Michalides, Marvin; Pendzik, Martin; u. a. (2023): Agile Entwicklung physischer Produkte 2023. Qucosa – Technische Universität Dresden: Agile Entwicklung physischer Produkte 2023
- ZVEI (2017): Agile Prinzipien und ISO 26262 Anmerkung aus Sicht der ISO 26262 und Umsetzbarkeit in automotiven Serienprojekten, https://agile.zvei.org/fileadmin/agile/Dokumente/Agile-Prinzipien-und-ISO-26262-ZVEI.pdf.
- ZVEI (2021): Introduction to the combined Application of Agile & Safety in Automotive Software Development, Frankfurt a.M.. https://agile.zvei.org/fileadmin/agile/Dokumente/Guideline_Introduction-Agile-and-Safety-in-Automotive-Software-Development.pdf

4.5 Digitale Transformation im Engineering – Der Handlungsdruck wächst

Die Digitalisierung ist einer der zentralen Treiber der Transformation – auch im Automotive Engineering. Auf Produktebene verändert sie das Fahrzeug grundlegend: Vom mechanischen Produkt zum vernetzten, datenbasierten System mit ständig erweiterbaren Funktionen (vgl. Kapitel 3.1). Doch damit nicht genug: auch auf der Ebene der Prozesse und der Arbeitsorganisation stellt die Digitalisierung gewohnte Routinen, Rollen und Strukturen infrage. Sie verändert, wie entwickelt, entschieden und zusammengearbeitet wird.

Dieses Kapitel zeigt, wo die Digitalisierung des Engineerings aktuell steht, stellt notwendige Perspektivwechsel und Gestaltungsansätze vor und beleuchtet abschließend, vor welchen Herausforderungen Unternehmen beim Einsatz Künstlicher Intelligenz stehen.

4.5.1 Stand der Digitalisierung

Für eine fundierte Standortbestimmung ist es entscheidend, die Dynamik der Digitalisierung nicht als linearen Prozess zu verstehen, sondern als Abfolge qualitativer Sprünge, die den Umgang mit Daten und Informationen, die Organisation von Arbeit und die Struktur von Unternehmen immer wieder grundlegend verändert haben.

Ein bedeutender Sprung war in den letzten 25 Jahren mit dem Aufkommen des Internets, der Cloud-Technologien und Konzepten wie Industrie 4.0 verbunden. Mit diesem Sprung gingen Technologien einher, die nicht nur neue Werkzeuge bereitstellen, sondern die Art und Weise verändern, wie Wissen entsteht, Arbeit organisiert wird und Systeme miteinander kommunizieren:

- Kollaborationsplattformen in der Cloud, die insbesondere die globale Zusammenarbeit unterstützen,
- Digitale Automatisierung vieler repetitiver und zeitaufwendiger Aufgaben (z. B. automatisierte Simulationen und Tests, Stücklistenerstellung, Verwaltung von Anforderungen etc.),
- Modellbasierte Systeme, die die Entwicklung und Simulation komplexer Systeme auf neuem Abstraktionsniveau unterstützen, und
- Digital Twins, die als virtuelle Modelle physischer Systeme Echtzeitdaten aus der realen Welt nutzen können.

Doch obwohl die technischen Möglichkeiten nun bereits seit längerem vorhanden und ausgereift sind, blieb ein konsequenter Einsatz moderner Tools und Infrastrukturen sowie ein korrespondierender sozialer und organisatorischer Umbau weitgehend aus. Von Hand gepflegte Excel-Listen und der Austausch von PDF-Dokumenten gehört nach wie vor zum Alltag vieler Entwickler:innen. In den Fallstudien wurden Themen wie die modellbasierte Entwicklung oder der Digitale Zwilling zwar an vielen Stellen als relevante Zukunftsthemen benannt – eine konkrete Umsetzung war jedoch meist nicht erkennbar oder noch nicht in Planung.

Aktuell jedoch verschärft sich die globale Wettbewerbssituation. Wettbewerber, die digitale Potenziale konsequent(er) in ihren Geschäftsmodellen und Prozessen umsetzen, setzen neue Standards bei Produkten und in der Wertschöpfungskette. Während Unternehmen noch vor wenigen Jahren das Gefühl hatten, sich mit der Umsetzung Zeit lassen zu können, steigt heute der Druck, in der Digitalisierung des Engineerings aufzuholen, um in globalen, digitalen Wertschöpfungsketten bestehen zu können.

Die aktuelle Phase der Digitalisierung ist daher für viele Unternehmen vor allem dadurch geprägt, dass der Handlungsdruck steigt, ambitionierte Digitalisierungsprojekte schneller umzusetzen und erforderliche Lern- und Gestaltungsprozesse in sehr kurzer Zeit zu bewältigen.

Gleichzeitig steht der nächste Sprung bevor. Künstliche Intelligenz ist der logische nächste Schritt in der digitalen Entwicklung. Sie ist die entscheidende digitale Innovation, die dabei helfen soll, die unüberschaubare Informationsfülle des digitalen Raums in nutzbares Handlungswissen zu überführen. Hier kann nur begrenzt auf Erfahrungen aus klassischen Digitalisierungsprojekten zurückgegriffen werden. Denn anders als bisher bekannte IT-Systeme und Tools arbeitet sie nicht strikt regelbasiert, sondern bringt eine neue Form algorithmischer Eigenständigkeit in betriebliche Prozesse ein.

Damit rücken neue Gestaltungsfragen in den Vordergrund: Wie können die Risiken eines lernenden, nicht vollständig kontrollierbaren Systems beherrscht werden? Was bedeutet das für die Rollenverteilung zwischen Mensch und KI?

Viele Unternehmen befinden sich derzeit in einer Phase des Suchens und Experimentierens, um geeignete Use Cases zu identifizieren und ihre Organisation darauf vorzubereiten. Besonders herausfordernd ist dies für Betriebe, die in den vergangenen Jahren zentrale Digitalisierungsschritte verpasst haben. Ihnen fehlen nicht nur technische Grundlagen, sondern auch organisationale und personelle Lernerfahrungen, die eine wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen, verantwortungsbewussten Einsatz von KI im Alltag sind.

Es ist daher an der Zeit, sich auch im Engineering wieder verstärkt der Digitalisierung zuzuwenden – und sich von alten Denkmustern zu verabschieden.

4.5.2 Digitalisierung neu denken und besser umsetzen

Trotz ausgereifter Technologien und wachsendem Handlungsdruck gelingt es vielen Unternehmen bislang nicht, die Potenziale der Digitalisierung im Engineering konsequent zu nutzen. Technische Möglichkeiten sind vorhanden – doch oft fehlt es an organisationaler Einbettung, der Neugestaltung der Arbeitsprozesse und den dafür notwendigen Lernprozessen.

Gerade vor diesem Hintergrund braucht die Digitalisierung im Engineering einen neuen Anlauf. An zentralen Punkten muss grundsätzlich umgedacht werden, um Blockaden zu lösen und die Potenziale wirklich zu erschließen. Der folgende Abschnitt zeigt, wo ein Perspektivwechsel notwendig ist.

Cloud und Internet – technische Infrastruktur vs. sozialer Handlungsraum

Wie wir Digitalisierung begreifen, prägt maßgeblich, wie wir sie gestalten. Eine zentrale Frage dabei lautet aktuell: was ist neu an modernen internet- und cloudbasierten Anwendungen? Welche Innovationsimpulse können von ihnen für eine zukunftsfähige Gestaltung des Engineerings ausgehen?

Ihre Potenziale gehen weit über ihren Einsatz als technische Steuerungs- und Automatisierungssysteme hinaus. So würden sie lediglich den bereits in der Vergangenheit weit fortgeschrittenen Einsatz digitaler Lösungen zur Standardisierung, Kontrolle und Automatisierung weiter vertiefen. Das eigentlich Innovative an Internet und Cloud liegt jedoch in ihren Möglichkeiten, nicht nur Technik, sondern Menschen zu vernetzen. Sie schaffen einen digitalen sozialen Handlungsraum, der zu einem Ort für Kooperation, Aushandlung, situativem Entscheiden und Lernen werden und den Menschen zum Mitgestalter von Prozessen und Systemen machen kann. Wird dies nicht erkannt, bleiben zentrale Potenziale für Innovation, Effizienz und gute Arbeitsbedingungen ungenutzt. Es entsteht ein digitaler Stillstand: Die Technik läuft – aber der Betrieb stottert, wenn sie in Widerspruch zu den alltäglichen Anforderungen an Flexibilität gerät.

Künstliche Intelligenz: Tool vs. Akteur

IT-Systeme – insbesondere KI – agieren zunehmend autonom und machen es erforderlich, die Sichtweise auf ihre Natur und ihren Einsatz grundlegend zu überdenken. Denn sie wandeln sich von einem weitgehend passiven Werkzeug zu einem aktiven Mitgestalter von Prozessen. Statt klar definierte menschliche Anweisungen zuverlässig, ohne eigene Urteilsfähigkeit oder Flexibilität umzusetzen, analysieren KI-Systeme Daten in Echtzeit, treffen Vorhersagen, geben Handlungsoptionen vor und entscheiden autonom. Entscheidungen beruhen nicht mehr vor allem auf menschlicher Urteilskraft, in der sich Erfahrung, Intuition und explizites Wissen verbindet, sondern zunehmend auf datengetriebenen Mustern, deren Herkunft, Gewichtung und Qualität oft nicht transparent sind. Damit verschiebt sich auch das Verhältnis von Vertrauen und Kontrolle – Organisationen müssen neu definieren, wie Verantwortung verteilt wird, wie Systeme überwacht werden können und wie die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine zuverlässig gestaltet werden soll.

Mensch: Bediener vs. Entscheider und Gestalter

Mit der veränderten Rolle der IT in Arbeitsprozessen stellt sich auch die Frage nach der Rolle des Menschen im Umgang mit der IT neu. Ist er ein Bediener, der Daten eingibt, abruft und durch das System gesteuert wird, oder ein aktiver Gestalter, der mit digitalen Informationen Verantwortung im

laufenden Prozess übernimmt? Als Entscheider und Gestalter ist es seine Aufgabe, aus digitalen Daten verwertbare Informationen zu machen, fundierte Entscheidungen zu treffen und Handlungsstrategien dynamisch im laufenden Prozess anzupassen. Er handelt nicht auf Basis starrer Vorgaben, sondern gestaltet aktiv mit – in Echtzeit, unter Unsicherheit und in direkter Abstimmung mit anderen Prozessbeteiligten. Diese Rolle erfordert ein hohes Maß an Urteilsfähigkeit, Kommunikationskompetenz und Verantwortungsbereitschaft, um die erhofften Vorteile hinsichtlich Tempo und Bewältigung von Komplexität tatsächlich zu erzielen.

Organisation: Abbildung vs. Umbau

IT-Systeme sind eng gekoppelt an die Unternehmensorganisation. Sie müssen sich wechselseitig unterstützen. In der Entwicklung und Implementierung von IT- Systemen wird das Verhältnis der bestehenden Organisation und der Potenziale der IT, Abläufe zu verändern, zu einer zentralen Gestaltungsfrage. Zielt das Digitalisierungsprojekt darauf ab, vorhandene Strukturen, Prozesse und vor allem Verantwortungsarchitekturen weitgehend abzubilden? Oder wird die Notwendigkeit des Umbaus der Organisation erkannt, um Flexibilitätspotenziale moderner digitaler Lösungen zu nutzen? Damit werden Fragen entscheidend wie: Wer entscheidet wann und auf welcher Informationsbasis? Welche neuen Verantwortlichkeiten und Schnittstellen entstehen, wenn Entscheidungen nicht mehr sequenziell entlang der Linie, sondern kollaborativ im digitalen Raum getroffen werden? Wer muss mit wem synchron zusammenarbeiten, um flexibel und lernfähig auf Veränderungen reagieren zu können? Digitalisierungsprojekte werden so zur Organisationsentwicklung.

Veränderung: Implementieren vs. Lernen

Digitalisierung wird in vielen Unternehmen vor allem als technisches Projekt verstanden, das nach dem Wasserfallmodell abgearbeitet wird – mit klaren Phasen, festgelegten Zielen und linearem Fortschritt. Die Umsetzung orientiert sich an technischen Vorgaben und Prozessstandards, meist getrennt von der realen Arbeitswelt. Rückkopplungen aus der Nutzungspraxis oder dem Betrieb finden kaum statt oder bleiben wirkungslos. Das Resultat: Systeme, die formal funktionieren, aber in der Praxis nicht angenommen werden, weil sie an den Bedarfen im Arbeitsalltag vorbeigehen.

Digitalisierungsprojekte: technikorientiert vs. gestaltungsorientiert

Technikorientiertes Vorgehen	Gestaltungsorientiertes Vorgehen
Ziel: Umsetzung einer technischen Lösung	Ziel: Gestaltung eines funktionierenden Arbeitssystems
Nutzenerwartung: Transparenz (Führung, Planung, Controlling), automatisierte Abläufe	Nutzenerwartung: Verbesserte Entscheidungen, flexible, schnellere Prozesse, kollektives Lernen
Fokus auf IT-Architektur und Funktionen	Fokus auf Nutzungsszenarien und Zusammenarbeit
Planung vollständig im Voraus (Wasserfallmodell)	Entwicklung in Iterationen mit Nutzerfeedback (Agile)
Nutzer:innen als Schulungsobjekt	Nutzer:innen als Mitgestaltende und Lernende
Übergabe an die Linie nach Projektende	Integration in den Alltag ab dem ersten Tag
IT ist zuständig	Geteilte Verantwortung: z. B. Steuerungsgruppe mit strategischen Rollen (Leitung, Betriebsrat, HR, IT) und Gestaltungsteams vor Ort (bei strategischen Digitalisierungsprojekten)
Erfolg = Termintreue, Budget, Funktionalität	Erfolg = Nutzung, Wirkung, Lernen im Prozess

Doch je mehr eine neue Rollenverteilung zwischen Mensch und IT sowie ein Umbau der Organisation im Digitalisierungsprojekt mitgedacht werden muss, wird auch ein anderes Verständnis des Veränderungsprozesses erforderlich. Er muss die Weiterentwicklung technischer Systeme, Orga-

nisationsentwicklung, Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung orchestrieren. Digitalisierung muss zu einem schrittweisen Lern- und Gestaltungsprozess werden: iterativ, partizipativ und erfahrungsbasiert.

4.5.3 Künstliche Intelligenz im Engineering – Was ist neu?

Künstliche Intelligenz ist kein weiteres digitales Werkzeug – sie markiert einen qualitativen Sprung in der Automatisierung kognitiver Aufgaben. Während klassische IT-Systeme auf klar definierte Eingaben und deterministische Regeln angewiesen sind, können KI-Systeme eigenständig Muster erkennen, Wahrscheinlichkeiten berechnen und Entscheidungsvorschläge generieren – ohne dass der Weg zum Ergebnis im Einzelnen nachvollziehbar sein muss. Genau darin liegt das Neue: KI operiert nicht nach explizit programmierten Regeln, sondern erzeugt durch maschinelles Lernen Wissensäquivalente, die Handlungsoptionen erzeugen, bewerten oder sogar umsetzen.

KI: Wissen oder Wissensäquivalente

KI-Systeme können keine Bedeutung im menschlichen Sinne erzeugen. Sie rekonstruieren Muster auf Basis großer Datenmengen und liefern Ergebnisse, die funktional wie Wissen eingesetzt werden können – etwa zur Entscheidungsunterstützung oder Problemlösung. Doch ihnen fehlt das verstehende, kontextualisierte und verantwortungsfähige Moment, das menschliches Wissen und Urteilskraft auszeichnet. Der Begriff Wissensäquivalent macht deutlich: Es handelt sich um ein technisch erzeugtes Abbild, nicht um echtes Verstehen.

Das verändert die Rolle der Technik im Arbeitsprozess grundlegend. Wo früher digitale Systeme menschliche Anweisungen ausführten, übernehmen KI-basierte Systeme zunehmend Funktionen, die vormals menschliche Einschätzung, Erfahrung oder Urteilsfähigkeit erforderten: von der Anomalieerkennung in Produktionsdaten bis hin zur automatisierten Generierung und Optimierung von Designvarianten in der Konstruktion.

Diese Entwicklung schafft enorme Potenziale – etwa zur Bewältigung wachsender Komplexität und zur schnelleren Entscheidungsfindung. Gleichzeitig wirft sie neue Fragen auf: Wie verlässlich sind die Ergebnisse? Auf welcher Grundlage werden Entscheidungen getroffen? Wer trägt Verantwortung, wenn Vorschläge automatisiert generiert werden, aber niemand ihren Entstehungsweg kennt?

Besonders herausfordernd ist der Umgang mit eingebetteten KI-Funktionen – also Funktionen auf KI-Basis, die in Systeme integriert sind, ohne dass dies für die Nutzer:innen unmittelbar sichtbar ist. Gerade in vertrauten Tools oder Prozessketten kann dieser qualitative Sprung übersehen werden. Funktionen wie generatives Design, automatisierte Geometrieoptimierung oder KI-gestützte Toleranzvorgaben unterstützen dann den Entwicklungsprozess, ohne dass den Anwender:innen immer bewusst ist, dass nicht mehr sie, sondern ein lernendes System den Vorschlag generiert hat. Damit steigt das Risiko, dass gewohnte Routinen weitergeführt werden, obwohl sich die zugrunde liegende Entscheidungslogik bereits verändert hat.

KI-Systeme sind deshalb nicht nur technische Objekte, sondern Akteure im sozialen Gefüge von Organisationen. Ihr Einsatz verändert Machtverhältnisse, Zuständigkeiten, Kontrollmöglichkeiten

und das Verhältnis zwischen Menschen, Technik und Entscheidung. Gerade im Engineering, wo es um präzises Arbeiten unter hohem Zeitdruck und vielen Zielkonflikten geht, stellt sich die Frage: Wie lässt sich der Einsatz von KI gestalten, sodass Chancen genutzt, Risiken beherrscht und verantwortbare Entscheidungen gesichert werden?

Worauf kommt es bei der Einführung an? – Orientierung am EU AI Act

Mit dem EU AI Act liegt erstmals ein umfassender gesetzlicher Rahmen für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Europäischen Union vor. Er ist seit August 2024 in Kraft und wird schrittweise wirksam – erste Verbote gelten bereits, weitere Transparenz- und Risikopflichten treten 2025 und 2026 in Kraft. Der AI Act setzt klare Orientierungspunkte für Unternehmen, die KI-Systeme im betrieblichen Kontext entwickeln oder einsetzen. Für das Engineering ergeben sich daraus wichtige Anforderungen, die weit über die Technik hinausgehen.

Dabei geht es nicht nur um betriebliche Nutzung. Mit der Entstehung eines globalen Informationsraums durch die Digitalisierung wächst auch die gesellschaftliche Verantwortung für den Umgang mit digitalen Technologien. Während der Datenschutz lange Zeit im Zentrum stand, bringt der Einsatz von KI ein weiteres Thema auf die Agenda: der Einsatz algorithmischer Systeme greift tief in gesellschaftliche Verhältnisse ein – etwa durch automatisierte Bewertungen, Entscheidungsvorbereitungen oder Selektionsprozesse. Der AI Act ist eine Reaktion auf diese Entwicklung: Er will sicherstellen, dass der technologische Fortschritt nicht auf Kosten von Transparenz, Grundrechten und demokratischer Kontrolle geht.

Einführung von KI-basierten Systemen (orientiert am EU KI Act)

1. **Risikobasierte Einordnung:**

   Der EU AI Act unterscheidet zwischen vier Risikoklassen:

   - Unakzeptables Risiko (z. B. soziale Bewertungssysteme) → verboten
   - Hohes Risiko (z. B. sicherheitsrelevante Entscheidungen, Arbeitssteuerung) → strenge Auflagen
   - Begrenztes Risiko → Transparenzanforderungen
   - Minimales Risiko → freiwillige Selbstverpflichtungen

   Viele Anwendungen im Engineering – etwa in der Produktentwicklung, in simulationsgestützten Entscheidungen oder in der Fertigungssteuerung – fallen potenziell in die Kategorie »hohes Risiko«, insbesondere wenn sie Einfluss auf sicherheitskritische Funktionen, Qualitätssicherung oder arbeitsplatzbezogene Entscheidungen haben.

2. **Menschliche Aufsicht sicherstellen:**

   Der AI Act betont die Notwendigkeit, dass auch bei hohem Automatisierungsgrad eine menschliche Kontrollinstanz vorhanden sein muss (»human oversight«). Für Engineering-Anwendungen bedeutet das:

   - Es muss klar definiert sein, wer eingreifen kann,
   - auf welcher Basis Entscheidungen nachvollzogen werden können,
   - und wie Verantwortung organisiert ist.

3. **Transparenz und Nachvollziehbarkeit:**
   KI-Systeme müssen so gestaltet werden, dass ihre Funktionsweise verständlich und dokumentiert ist. Für eingebettete KI (z. B. in CAD/PLM-Systemen) ist dies besonders wichtig: Beschäftigte und Entscheidungsträger:innen müssen erkennen können, ob ein Vorschlag algorithmisch erzeugt wurde – und worauf er basiert.
4. **Beteiligung und Qualifizierung:**
   Nicht nur Technik, sondern auch Organisation und Mensch müssen KI-fähig gemacht werden. Das heißt:
   - Beschäftigte müssen verstehen, wo und wie KI wirkt,
   - sie müssen in die Lage versetzt werden, KI-Ergebnisse kritisch zu reflektieren,
   - und es braucht Beteiligungsformate, um Regeln, Einsatzgrenzen und Weiterentwicklungen mitzugestalten.

Die vier genannten Anforderungen lassen sich direkt aus der Logik und Struktur des EU AI Act ableiten. Sie bilden zentrale Prinzipien des Gesetzes: Die Risikoeinstufung strukturiert alle weiteren Anforderungen; menschliche Aufsicht (»human oversight«) ist bei Hochrisiko-Anwendungen verpflichtend; Transparenz und Nachvollziehbarkeit sind durchgängig als Voraussetzungen für vertrauenswürdige KI benannt; und Qualifizierung sowie Einbindung der Beschäftigten sind in der Gesetzesbegründung explizit als gesellschaftspolitische Zielstellung verankert.

Für Unternehmen ist es sinnvoll, sich bereits in der Einführungsphase von KI-Systemen an den Prinzipien des EU AI Act zu orientieren. Er bietet einen Rahmen, der zentrale Gestaltungsthemen klar benennt. Der explizite Bezug darauf kann das Vertrauen bei Beschäftigten, Betriebsräten und externen Stakeholdern stärken. Gestärkt wird zudem die Innovationsfähigkeit: Wer frühzeitig klärt, wie Verantwortung, Transparenz und Mitwirkung organisiert werden, schafft die Voraussetzungen für eine nachhaltige und wirksame Nutzung von KI im betrieblichen Alltag.

Fazit: KI im Engineering braucht Gestaltung – nicht nur Technik

Künstliche Intelligenz bringt einen tiefgreifenden Wandel – nicht nur in den technischen Möglichkeiten, sondern in den Grundlagen von Arbeit, Steuerung und Verantwortung. Gerade im Engineering, wo Entscheidungen unter Unsicherheit, Zeitdruck und hoher Komplexität getroffen werden, stellt KI die vertrauten Routinen infrage. Wer KI einfach nur einführt, riskiert Intransparenz, Überforderung oder Schein-Optimierung. Wer sie hingegen als Anlass zur Neugestaltung begreift – von Zuständigkeiten, Lernprozessen und Zusammenarbeit –, kann sie als Impuls für mehr Handlungsfähigkeit und bessere Entscheidungen nutzen. Der EU AI Act bietet dafür einen wertvollen Rahmen: nicht als bürokratisches Hindernis, sondern als Leitplanke für nachhaltige und vertrauenswürdige Innovation.

Zum Weiterlesen

- Boes, Andreas/Langes, Barbara (Hrsg.): Die Clouder und der digitale Umbruch in Wirtschaft und Arbeit. Freiburg u. a.
- Boes, A.; Kämpf, T.; Lühr, T. et al. (2020): Empowerment oder Überwachung? Gestaltungspotenziale von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz in der Arbeitswelt« in: WSI-Mitteilungen 3/2020, S. 186–194.
- Europäische Union (2024): Verordnung über künstliche Intelligenz (AI Act). https://artificialintelligenceact.eu

- Kämpf, Tobias & Langes, Barbara. (2021). KI in der digitalen Arbeitswelt. https://denk-doch-mal.de/tobias-kaempf-barbara-langes-kuenstliche-intelligenz-in-der-digitalen-arbeitswelt-erste-befunde-einer-empirischen-bestandsaufnahme/
- RKW Kompetenzzentrum (2021): Betriebliche Digitalisierung erfolgreich gestalten. Praxisbroschüre aus dem Projekt APRODI – Arbeits- und prozessorientierte Digitalisierung in Industrieunternehmen. https://www.aprodi-projekt.de/fileadmin/media/Produkte/2021/Leitfaden/20211125-APRODI-Betriebliche-Digitalisierung-erfolgreich-gestalten.pdf
- Seibold, Bettina; Grasy, Jonas (2022): KI verstehen, bewerten und begrenzen (2022) – Portrait über den Einsatz von Systemen der künstlichen Intelligenz bei der IBM Central Holding GmbH. Betriebs- und Dienstvereinbarungen Nr. 26, 10 Seiten. KI verstehen, bewerten und begrenzen (2022) – Institut für Mitbestimmung und Unternehmensführung (I.M.U.) in der Hans-Böckler-Stiftung

4.6 Strategische Kompetenzentwicklung – Schlüssel der Transformation

Die Transformation im Engineering ist ohne gezielte Kompetenzentwicklung nicht zu bewältigen. Ob neue Produkte und Geschäftsmodelle, agile Teams, globale Entwicklungsverbünde, Nachhaltigkeitsanforderungen oder Digitalisierung mit KI – überall entscheidet sich Erfolg daran, ob Beschäftigte vorausschauend die nötigen Fähigkeiten entwickeln können. Gefordert sind nicht nur neues Fachwissen, sondern auch die Fähigkeit, in neue Rollen zu wechseln, interdisziplinär zusammenzuarbeiten und mit widersprüchlichen Anforderungen umzugehen.

Analysen zu den Trends der Kompetenzentwicklung liegen vor. So hat die AgenturQ (2024) die sogenannten Future Skills als Orientierungsrahmen für die Kompetenzentwicklung in der Transformation entwickelt, der für alle Beschäftigtengruppen und Tätigkeitsfelder über die fachlichen Kompetenzen hinaus ein breites Kompetenzspektrum abdeckt und systematisiert. Er kann als Werkzeug für die betriebliche Analyse genutzt werden. Die »Kompetenzen für die Industrie 4.0 von acatech (2016) konzentrieren sich auf Qualifizierungsbedarfe im Kontext von Industrie 4.0, mit Fokus auf Produktion vor allem in der M&E-Industrie. Auch hier wird ein breites Kompetenzspektrum aus Fach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenzen adressiert.

In diesem Report steht die Kompetenzentwicklung in der betrieblichen Praxis im Zentrum. Unser Ziel war es dabei nicht wie in den o. g. Studien, eine systematische Kompetenzanalyse und -modellierung durchzuführen. Vielmehr haben wir in transform.by nach den Folgen der Transformation und die Herausforderungen für die Kompetenzentwicklung gefragt. Der Fokus lag damit vor allem auf der Verortung struktureller Kompetenzdefizite sowie der Identifizierung dysfunktionaler Strukturen und Prozesse in der Personalentwicklung bzw. Weiterbildung, die Hinweise auf konkrete Ansatzpunkte in der Transformation des Engineerings liefern.

Im Folgenden werden zunächst die für die Kompetenzentwicklung relevanten Themen vorgestellt, die in unseren Gesprächen im Vordergrund standen. Es wird gezeigt, wo HR, Führungskräfte und Beschäftigte aktuell stehen angesichts der aktuellen Herausforderungen an die Kompetenzentwicklung (4.6.1) und welche Kompetenzdefizite im Vordergrund standen, die von unseren Gesprächspartnern als besonders hinderlich angesehen wurden (4.6.2). Um den Wandel der Engineering-Kompetenz besser zu verstehen, werden dann in der Gesamtsicht aktuelle Spannungsfelder der Transformation in den vier Kompetenzfeldern Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz

analysiert (4.6.3) und Hinweise zu einer sinnvollen Abgrenzung von Zielgruppen in der Analyse von Kompetenzbedarfen (4.6.4) gegeben.

4.6.1 Kompetenzentwicklung in der betrieblichen Praxis – Akteure und Orientierungsbedarf

Wie ist die Kompetenzentwicklung in der betrieblichen Praxis aktuell organisiert? Wo zeigen sich typische Blockaden, aber auch vorhandene Ansätze zur strategischen Orientierung? Im Folgenden werden die Herausforderungen der Kompetenzentwicklung aus der Perspektive der Akteure betrachtet, die sie gestalten und umsetzen: Personalbereiche, die unter wachsendem Erwartungsdruck stehen; Führungskräfte, die oft auf sich allein gestellt bleiben; Beschäftigte, die sich informell weiterentwickeln, aber ohne systematische Unterstützung.

HR unter Transformationsdruck

Die Personalbereiche sind in vielen Unternehmen mit hohen Erwartungen konfrontiert: Sie sollen strategische Partner in der Transformation sein, die Kompetenzentwicklung proaktiv vorantreiben, Qualifizierungsbedarfe vorausschauend identifizieren und passende Lernangebote bereitstellen. Doch in der Praxis zeigen sich deutliche Lücken.

In vielen Unternehmen wurden dezentrale HR-Strukturen abgebaut – vor Ort fehlen heute Ressourcen, Nähe zu den Arbeitsprozessen im Engineering und die Möglichkeit, Kompetenzbedarfe fundiert zu analysieren. Stattdessen dominieren zentrale Programme und standardisierte Verfahren, die auf stabile Umgebungen zugeschnitten sind. Unter den Bedingungen dynamischer Transformation greifen diese Ansätze jedoch zu kurz.

Strategische Personalentwicklung wird zwar eingefordert, bleibt aber oft unverbindlich. Es mangelt an Austausch mit den Fachbereichen und an der Fähigkeit, disziplinübergreifende Bedarfe zu erkennen und zu moderieren. Aus dem Engineering wird diese Lücke zunehmend kritisch kommentiert: »Zu früh, zu spät, die falschen Mitarbeiter werden adressiert« – so lauten beispielhafte Rückmeldungen zu Business-Partner-Strukturen, die in der Fläche den Anforderungen kaum gerecht werden.

Die Folge ist, dass HR weder von Beschäftigten noch von Führungskräften als kompetente Unterstützung bei der Bewältigung der Transformationsanforderungen wahrgenommen wird. Zwar existieren zahlreiche Programme und Tools, doch ohne strategische Klammer und ausreichende Ressourcen vor Ort entfalten sie kaum Wirkung.

Viele Angebote wirken wenig anschlussfähig: Standardseminare passen nicht zur betrieblichen Realität, situative Bedarfe bleiben unberücksichtigt. Gerade in der Transformation, in der sich Aufgabenprofile und Rollen dynamisch verändern, braucht es Lern- und Unterstützungsangebote, die in reale Arbeitsprozesse eingebettet sind, Beteiligung ermöglichen und auf konkrete Herausforderungen reagieren, nicht nur auf standardisierte Kompetenzmodelle.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage: Wie kann HR wieder Anschluss an die Realität der Transformation gewinnen – und ihre Rolle als strategische Partnerin im Umbau der Arbeitswelt tat-

sächlich einlösen? Nicht nur, um Lernbedarfe zu erfassen – sondern um gemeinsam mit Führung, Betriebsrat und Fachbereichen eine lernfähige Organisation zu entwickeln.

Individuelle Initiative, kollektive Fragmentierung? Zum Umgang der Beschäftigten mit fehlender strategischer Qualifizierung

Wo strategische Kompetenzentwicklung ausbleibt, suchen viele Beschäftigte nach individuellen Wegen, sich auf kommende Technologien und methodische Entwicklungen vorzubereiten. Sie beobachten eigenständig technologische Trends, fordern gezielt Qualifizierungsmaßnahmen ein oder versuchen, über Tagungen, externe Schulungen oder Communities of Practice Anschluss zu halten. Dieses Engagement ist vielfach produktiv – es ermöglicht Lernen am Puls der Zeit und kann Karrieren fördern.

Doch aus systemischer Perspektive zeigt sich auch ein Risiko: Wenn jede:r für sich eine andere Zukunft antizipiert und entsprechende Kompetenzen entwickelt, wächst die Zerrissenheit innerhalb der Organisation. Unterschiedliche Vorstellungen davon, wie etwa Künstliche Intelligenz, Industrie 4.0 oder neue Entwicklungsplattformen in der Produktarchitektur verankert werden sollen, treffen ungeplant und unkoordiniert aufeinander. In der Folge steigt das Konfliktpotenzial im Engineering – insbesondere dort, wo keine klaren Produkt- und Innovationsstrategien Orientierung geben. Ohne kollektive Verständigung über technologische Entwicklungslinien, Zielbilder und Rollenprofile bleibt individuelle Weiterqualifizierung häufig wirkungslos – oder kann im ungünstigsten Fall sogar zu Reibungsverlusten und Desorientierung beitragen.

Führung unter Druck – Eigeninitiative statt strategischer Unterstützung

Auch viele Führungskräfte erleben, dass sie mit Fragen der Kompetenzentwicklung ihrer Teams allein gelassen werden. Wenn zentrale Strategien zur Personalentwicklung fehlen oder als zu träge erlebt werden, greifen sie notgedrungen zu pragmatischen Lösungen – etwa durch selbst organisierte Schulungen oder durch informelle Lernarrangements im Team. Teilweise zeigt sich, dass Führungskräfte aus Notwendigkeit heraus beginnen, ihre eigenen Ziele im Umgang mit Qualifizierung zu verfolgen – abgestimmt auf die spezifischen Problemlagen ihrer Teams oder Abteilungen. Das kann produktiv sein, führt aber auch zu einer zunehmenden Fragmentierung und zum Risiko strategischer Inkonsistenz.

In Gesprächen wurde deutlich, dass Führungskräfte sehr wohl erkennen können, dass es um mehr geht als punktuelle Schulungen – nämlich um die komplexe Kopplung von Technologieeinsatz, Arbeitsgestaltung, Umorganisation und Kompetenzentwicklung. Doch dafür fehlen ihnen sowohl unterstützende Strukturen als auch geeignete Werkzeuge. Sie greifen dann auf Intuition und Einzelmaßnahmen zurück, die in Summe den strategischen Anforderungen der Transformation kaum gerecht werden können.

Ohne gemeinsame Richtung: Kompetenzentwicklung zwischen Anspruch und Praxis

Die betriebliche Praxis der Kompetenzentwicklung zeigt ein widersprüchliches Bild: Während der strategische Handlungsdruck wächst, bleibt die Umsetzung vielfach fragmentiert. HR, Führungskräfte und Beschäftigte handeln oft isoliert – mit Engagement, aber ohne gemeinsame Orientierung. Was fehlt, ist eine strategische Klammer: Eine Verständigung über Zielbilder, Rollenprofile

und Lernarchitekturen, die Qualifizierung zur tragenden Säule der Transformation machen. Ohne sie bleibt Kompetenzentwicklung reaktiv – und verfehlt ihr Potenzial als Gestaltungsinstrument.

4.6.2 Kompetenzfelder im Wandel – was Fallstudien zeigen

Welche Kompetenzen in der Transformation konkret gefordert sind, zeigt sich nicht in Strategiepapieren oder Organigrammen – sondern im betrieblichen Alltag. Die folgenden Einschätzungen stammen aus Fallstudieninterviews mit betrieblichen Praktiker:innen aus dem Engineering. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder analytische Tiefe, verdeutlichen aber, welche Themen in der Praxis tatsächlich als relevant wahrgenommen werden.

Die Hinweise bieten eine erste Orientierung für die Diskussion im Betrieb: Wo entstehen neue Anforderungen? Wo fehlt Know-how? Und wo müssen bestehende Qualifizierungsangebote überdacht werden?

Systemkompetenz und Schnittstellenverständnis

Technische Systeme werden zunehmend komplexer und vernetzter. Dies erhöht die Anforderungen an das Verständnis von Systemarchitekturen und das Arbeiten an Schnittstellen. Die Entwicklung von Fahrzeugen und ihren Komponenten unter Einsatz neuer Tools und Entwicklungsansätze kann ohne entsprechende Systemkompetenzen nicht erfolgreich bewältigt werden. Defizite in diesem Kompetenzfeld wurden in unseren Gesprächen regelmäßig als Ursache für weitreichende Störungen in den Prozessen benannt.

Systemkompetenz oder Systemverständnis dient dabei in der Praxis als Chiffre für sehr unterschiedliche Anforderungen und Problemlagen, die im Rahmen einer Kompetenzbedarfsanalyse weiter zu untersuchen wären:

- Missverständnisse an den Schnittstellen zwischen Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung,
- das Scheitern eines veralteten Systemverständnisses in der Logik mechanischer oder mechatronischer Systeme,
- das Fehlen eines disziplinen- und bereichsübergreifenden Systemverständnisses, das dem Charakter smarter Systeme entspricht,
- die Anforderung, überhaupt in Systemen zu denken. Sie wurde in unseren Gesprächen z. B. an Mechanik-Experten oder auch die Techniker im Labor gerichtet, oder
- Versäumnisse in der Einführung komplexer digitaler Tools, die Systeme modellieren. Hier vermischt sich dann ggf. fehlendes abstraktes Systemverständnis mit ungenügenden Tool-Kompetenzen.

Wird »Systemkompetenz« als Kompetenzdefizit identifiziert, ist also genau zu schauen, um welche Anforderungen es sich handelt und welche Zielgruppen in den Blick zu nehmen sind: Für Mechatronik- bzw. Elektronik-Experten, Software-Experten, Mechanik-Experten sowie die Techniker und Facharbeiter in der Entwicklung werden sich hier jeweils unterschiedliche Qualifikationsbedarfe ergeben.

Interdisziplinarität und Zusammenarbeit

In der Praxis werden aktuell vermehrt Probleme thematisiert, die durch das Aufeinanderprallen unterschiedlicher Fachkulturen und -sprachen, unterschiedlicher Methoden oder Systemvorstellungen entstehen. Interdisziplinäre Kompetenzen spielen im Arbeitsalltag zunehmend eine Rolle, wenn es darum geht, die Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung besser zu integrieren oder die Zusammenarbeit über den Produktlebenszyklus hinweg effizienter zu gestalten.

Dabei ist der Begriff »interdisziplinäre Kompetenzen« in der Wahrnehmung der betrieblichen Praktiker, mit denen wir gesprochen haben, ähnlich wie »Systemverständnis« eher ein Platzhalter für Themen, die etwas mit Kompetenzen zu tun haben können, aber auch mit nicht funktionierenden Prozessen und Blockaden im Arbeitsalltag, die insbesondere an den Schnittstellen zu anderen Fachbereichen auftreten.

Vor der Analyse des Kompetenzbedarfs sollte daher geprüft werden, ob tatsächlich ein Kompetenzdefizit vorliegt oder ob besser nach Problemlösungen auf anderer Ebene zu suchen ist. Prozessoptimierung und Arbeitsgestaltung an der Schnittstelle zwischen Bereichen, das Identifizieren und Beheben von Kommunikationsblockaden zwischen »Silos« oder die Integration bzw. Vereinheitlichung digitaler Tools und Methoden sind hier Maßnahmen, die vorliegende Probleme unter Umständen besser adressieren.

Wird tatsächlich ein Kompetenzproblem diagnostiziert, sollte die Bedarfsanalyse die konkrete Arbeitssituation von Zielgruppen in den Blick nehmen. Denn wie bereits unter dem Stichwort »Systemkompetenz« skizziert: Zielführende Maßnahmen wird man nur dann entwickeln, wenn transparent wird, welche Veränderung die Mitarbeiter zu bewältigen haben. Wie also soll interdisziplinäre Zusammenarbeit aussehen? Wie ist sie organisiert? Durch welche Tools wird sie unterstützt? Diese und andere Fragen geben Aufschluss darüber, ob z. B. eher Fach- und Methodenkompetenzen im Vordergrund stehen sollten, oder Sozial- und Selbstkompetenzen.

Insbesondere für ältere Mitarbeiter, in deren Ausbildung die Integration von Mechanik und Elektronik nur eine untergeordnete Rolle gespielt hat und deren berufliche Sozialisation in organisatorisch getrennten Fachbereichen erfolgte, kann dies sehr hohe Anforderungen mit sich bringen, da hier das gesamte Set beruflicher Handlungskompetenzen berührt sein kann.

Softwarekompetenz

Software wird zunehmend zum integralen Bestandteil technischer Produkte – und damit zur Querschnittsanforderung. Dennoch besteht vielerorts ein erheblicher Mangel an Softwarekompetenzen, sowohl im Sinne von Softwareexperten als auch als Querschnittskompetenz in den anderen Disziplinen. Hier spielt der Fachkräftemangel sicher eine Rolle. Dies spiegelt aber auch wider, dass in der Entwicklung ehemals mechanischer Komponenten die Rolle der Softwareentwicklung tendenziell unterschätzt wird und die systematische Integration der Softwareentwicklung bisher nicht erfolgt ist. Dies wird verstärkt durch kostenorientierte Strategien und die Auslagerung der Softwareentwicklung an inländische Standorte oder Entwicklungsdienstleister in Low Cost Countries. Dies geht zulasten einer zukunftsfähigen Kosten-/Nutzenabwägung zum Ausbau von Softwarekompetenzen

vor Ort und führt so unter Umständen zu mittel- und langfristigen Problemen in der Innovationsfähigkeit

Mechatronik als Mangelkompetenz

Der Wandel hin zu mechatronischen und softwaregestützten Systemen bringt neue Anforderungen an die technische Entwicklung mit sich – insbesondere im Zusammenspiel von mechanischen, elektronischen und softwarebezogenen Komponenten. In den Fallstudien wird deutlich, dass Mechatronik-Kompetenz auf mehreren Ebenen fehlt: zum einen bei einschlägigen Berufsprofilen, etwa durch Fachkräftemangel oder rekrutierungsbedingte Engpässe; zum anderen als Querschnittskompetenz. Insbesondere Beschäftigte mit einem klassischen Mechanik-Hintergrund sind mit steigenden Anforderungen etwa beim Verständnis elektronischer Komponenten oder beim Umgang mit eingebetteter Software konfrontiert. Diese Lücken wirken sich unmittelbar auf die Entwicklungsarbeit aus, da sie die Kommunikation zwischen Disziplinen erschweren, Systemverständnis behindern und Innovationen verlangsamen.

Die Klage über fehlende Mechatronik-Kompetenz ist weit verbreitet – und insofern überraschend, als Mechatronik weder in Ausbildung noch in betrieblicher Weiterbildung ein neues Thema ist. Wenn solche Lücken dennoch regelmäßig benannt werden, deutet dies auf spezifische betriebliche Problemlagen hin, denen gezielt nachgegangen werden sollte, um das Zusammenspiel der Disziplinen produktiv zu gestalten und die Transformationsfähigkeit des Engineerings zu sichern.

Neue Anforderungen an Fachkräfte auf mittlerem Qualifikationsniveau

Mit dem Übergang zu smarten, datenbasierten Fahrzeugsystemen verändern sich nicht nur Produkte und Prozesse, sondern auch die Anforderungen an das technische Testing und die Validierung: Statt rein mechanischer Funktionsprüfungen geht es zunehmend um die Absicherung komplexer, vernetzter Systeme – automatisierte Testverfahren, normgerechte Sicherheitsprüfungen, Datenanalysen in Echtzeit und digitale Dokumentationspflichten werden zum neuen Standard. Damit rückt ein zentrales Spannungsfeld ins Zentrum der betrieblichen Realität: der Bruch zwischen erfahrungsbasiertem und datengestütztem Engineering.

👉 Fallbeispiel Labor – was sich verändert

Das Beispiel Labor zeigt exemplarisch, wie sich Anforderungen im Engineering verändern – besonders für Facharbeiter:innen und Techniker:innen.

Bisherige Logik:

- Erfahrungswissen, handlungsorientiertes Vorgehen
- Vertrauen in Intuition, implizite Regeln
- Fokus auf technische Ausführung und Verlässlichkeit

Neue Anforderungen:

- Verständnis für Regelungskreise, Mess- und Steuergrößen, Sensorik und Aktuatoren
- Analyse- und Toolkompetenz, systematisches Vorgehen
- Nutzung digital gestützter Prüf- und Dokumentationssysteme
- Nachvollziehbarkeit, Formalisierung, Standardisierung

Was fehlt?

- Eine systematische Auseinandersetzung mit der Relevanz des Erfahrungswissens im Labor – nicht als Restgröße vergangener Praxis, sondern als Ressource für die Gestaltung neuer, hybrider Arbeitsformen.
- Der Einsatz digital gesteuerte mechatronische Systeme müsste konsequent mit einer Neugestaltung der Prozesse und Rollen einhergehen:
- Ebenso fehlt es an gezielter Kompetenzentwicklung, die nicht nur Toolwissen vermittelt, sondern das Verständnis für systemische Zusammenhänge stärkt – und den Brückenschlag zwischen Erfahrungslogik und datengetriebenem Vorgehen ermöglicht.

Die Arbeit der Techniker:innen und Facharbeiter:innen in der Entwicklung bzw. an den Schnittstellen zur Entwicklung war bislang stark durch praktisches Erfahrungswissen, implizite Abläufe und eingespielte Routinen geprägt – und steht nun unter dem Druck, sich an formalisierte, dokumentierbare und datengetriebene Verfahren anzupassen. In vielen Unternehmen wird dies als Kompetenzproblem adressiert: Es heißt, »sie kommen nicht mehr mit«, »sie verstehen die neuen Tools nicht« oder »es fehlt an Systemdenken«. Nicht selten folgt daraus der pauschale Ruf nach mehr Ingenieur:innen – als vermeintliche Lösung. Dabei sind diese Aufgabenbereiche aus Sicht vieler akademisch Qualifizierter jedoch wenig attraktiv: zu wenig anspruchsvoll und ohne klare Entwicklungsperspektive. Damit droht eine doppelte Fehlentwicklung: Prozesse und Aufgaben werden nicht weiterentwickelt. Und zugleich droht der Verlust von Erfahrungswissen, wenn Facharbeiter:innen und Techniker:innen keine Perspektiven mehr sehen.

Modernisierte Berufe – ungenutzte Potenziale

In den modernisierten Metall-, Elektro- und Mechatronikberufen wurden zentrale Grundlagen für ein smartes Systemverständnis gelegt – von vernetzter Sensorik über digitale Steuerung bis hin zu datenbasierter Analyse.

Doch viele Unternehmen schöpfen dieses Potenzial bislang kaum aus: Die neuen Ausbildungsprofile sind da – aber es fehlt an betrieblichen Konzepten, um sie gezielt betrieblich umzusetzen z. B. mit Blick auf den Fachkräftebedarf im Engineering oder an den Schnittstellen.

Details dazu im Anhang: Duale Berufe im Engineering – Potenziale und Perspektiven

Der Wandel der Anforderungen an diese Beschäftigten wird bisher nicht ausreichend reflektiert und begleitet durch zielgruppengerechte Formate, die Erfahrungswissen anschlussfähig machen, digitale Systemkompetenz methodisch entwickeln und neue Rollenprofile im Test- und Validierungskontext unterstützen. Andernfalls droht nicht nur Überforderung im Arbeitsalltag, sondern auch der Verlust wichtiger betrieblicher Erfahrungsträger – mit langfristigen Folgen für Qualität, Innovation und Transformationsfähigkeit.

Kompetenzwandel im Kontext Globalisierung

Im Kontext Globalisierung kam eine breite Palette von Kompetenzthemen zur Sprache, die durch die Veränderung der Aufgabenstruktur und Herausforderungen globaler Zusammenarbeit entstehen, die durch teils erhebliche Unterschiede in kulturellen und organisatorischen Rahmenbedingungen, Arbeitsbedingungen sowie in der Ausbildung geprägt ist.

Bis heute ist die Zusammenarbeit zwischen deutschen Standorten und Near- und Offshore-Standorten häufig durch ein Konzept der verlängerten Werkbank geprägt. Für die Aufgabenstruktur der hier ansässigen Entwickler bedeutet dies, dass Umsetzungsaufgaben z. B. in der Konstruktion tendenziell abnehmen und Planungs-, Steuerungs-/Kontrollaufgaben zunehmen. Dies hatte und hat tiefgreifende Folgen für die Kompetenzentwicklung: Fachkompetenzen werden (tendenziell) entwertet, was mit Sorgen hinsichtlich der Engineering-Expertise von Mitarbeitern und ganzen Standorten einhergeht. Überfachliche Kompetenzen werden aufgewertet. Entwickler erleben dies als Entkernung ihrer Fachkompetenz und sehen sich in Jobs, die sich kaum noch mit ihrer beruflichen Identität vereinbaren lassen.

Gleichzeitig sehen sie sich unter Druck, verschiedene überfachliche Kompetenzen zu entwickeln, die bisher kaum eine Rolle gespielt haben: an vielen Standorten stehen hier Sprachkompetenzen nach wie vor oben auf der Liste. »Bisher hat Englisch am Standort keine große Rolle gespielt. Und jetzt soll ich mit einem indischen Kollegen komplexe Dinge besprechen. Wenn der englisch spricht … den muss man erst mal verstehen«.

Im Bereich der Sozial- und Selbstkompetenzen wurden Konfliktmanagement und interkulturelle Kompetenzen thematisiert. Aber auch neue Methodenkompetenzen im Bereich Planung, Steuerung, Kontrolle sowie betriebswirtschaftliche Kompetenzen wurden angesprochen.

Aktuell findet Globalisierung unter neuen Vorzeichen statt. In einem dynamischen Innovationsumfeld wird die komplexe Struktur ausgelagerter Entwicklungsleistungen (an Entwicklungsdienstleister oder an globale Standorte) zu einem Hemmschuh und ist mit dem Risiko verbunden, dass Schlüsselinnovationen nicht mehr selbst erbracht und die dafür notwendigen Kompetenzen nicht rechtzeitig entwickelt werden können. Der Trend zu einer Entkernung von Fachkompetenz droht zu einer erheblichen Blockade für Innovationsfähigkeit in polyzentrischen Innovations- und Entwicklungsnetzwerken zu werden. Standorte mit hohen Entwicklungsanteilen sind gefordert, die globale Verteilung von Entwicklungsleistungen auch mit Blick auf Standortkompetenzen entsprechend zu prüfen und mit einer strategische Kompetenzentwicklung gegenzusteuern.

Fazit

Welche Kompetenzthemen stehen für betriebliche Praktiker im Fokus, wenn es um eine erfolgreiche Bewältigung aktueller Herausforderungen der Transformation geht? Die hier vorgestellten Themen wurden in unseren Gesprächen regelmäßig genannt. Dabei handelt es sich nicht nur um neue Themen, die unmittelbar etwa mit Produktinnovationen in Verbindung stehen. Herausforderungen wie Interdisziplinarität und Kompetenzanforderungen im Kontext global verteilter Entwicklung sind altbekannt und haben insofern kaum Neuigkeitswert. Neu ist allerdings, dass sie nun als Hemmnisse für die Transformationsfähigkeit von Menschen, Teams und Unternehmen wahrgenommen werden und die zunehmend überlebenswichtige Flexibilität und Entwicklungsgeschwindigkeit behindern. Insofern bieten diese Beobachtungen nützliche Ansatzpunkte, um im Betrieb gezielter über erfolgskritische Kompetenzbedarfe zu sprechen, auch in akuten Krisensituationen, und eine Suche nach Lösungen anzustoßen.

4.6.3 Engineering-Kompetenz in der Transformation verstehen

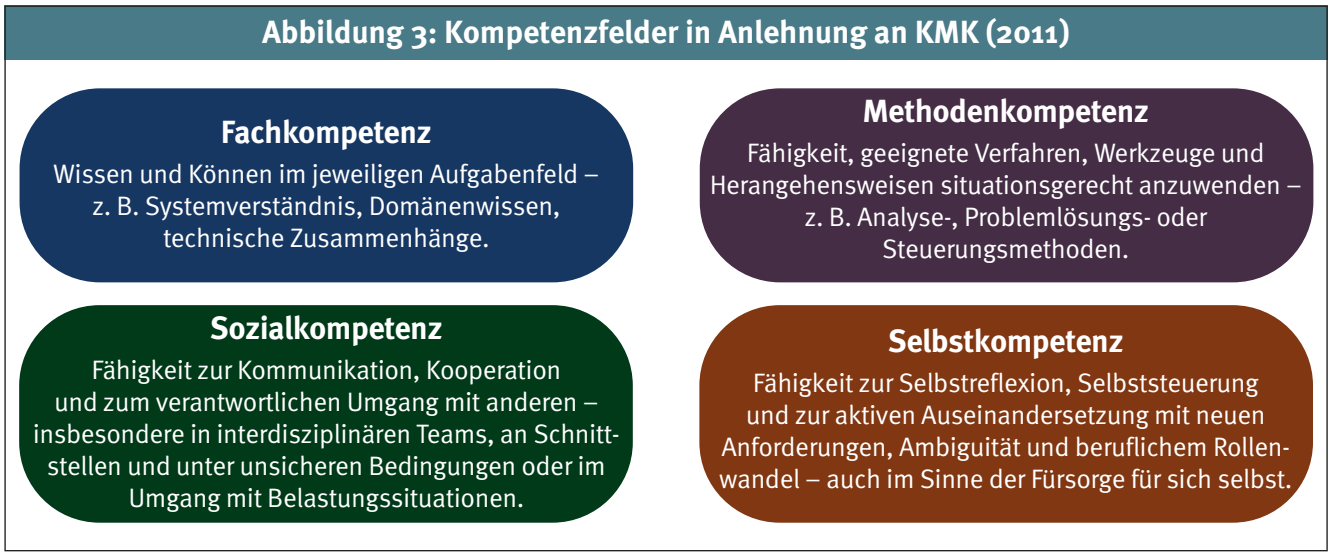
Wenn strategische Orientierung fehlt, bleibt oft unsichtbar, wie tiefgreifend sich Kompetenzanforderungen im Zuge der Transformation verändern. Gerade im Engineering vollzieht sich ein fundamentaler Wandel: Neue Technologien, agile Methoden, digitale Entwicklungsumgebungen, strukturelle Veränderungen in der Arbeitsteilung sowie interdisziplinäre Zusammenarbeit stellen etablierte Rollen und Qualifikationsprofile infrage. Die Folge ist eine schleichende, oft unkoordinierte Verschiebung von Anforderungen, auf die Unternehmen und Beschäftigte nur unzureichend vorbereitet sind.

Überblick: Acht kompetenzrelevante Trends im Engineering

1. Von hierarchisch definierten Rollen zu neuen Verantwortungsarchitekturen im Team
2. Von disziplinärer Tiefe zur Systemkompetenz in smarten Umgebungen
3. Von erfahrungsbasierter zu modell- und datenbasierter Entwicklungskompetenz
4. 4. Von technikzentrierter zur soziotechnischer Fachlichkeit
5. 5. Von disziplinärer Zusammenarbeit vor Ort zur Kooperation über Grenzen hinweg
6. 6. Vom Produktdesign zur Mitgestaltung von Prozessen und Strukturen der eigenen Arbeit
7. Vom individuellen Lernen zum kollektiven Lernprozess
8. Von kontrollierender Führung zur Ermöglichung kollektiver Lern- und Entwicklungsprozesse

Dieses Kapitel macht typische Entwicklungslinien sichtbar, die sich quer durch Projekte, Teams und Hierarchieebenen ziehen. Um dabei ein differenziertes Bild der Kompetenzanforderungen zu entwickeln, wird ein Modell mit den vier Kompetenzfeldern Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz verwendet. Dieses Modell ermöglicht es, Kompetenzen danach zu analysieren, worauf sich berufliche Handlungskompetenz bezieht – etwa auf die fachliche Aufgabe, die gewählte Vorgehensweise, das soziale Miteinander oder die Steuerung des eigenen Handelns.

Abbildung 3: Kompetenzfelder in Anlehnung an KMK (2011)



Vom hierarchisch definierten Rollenverständnis zu neuen Verantwortungsarchitekturen in Teams und Unternehmen

In klassischen Entwicklungsorganisationen waren Rollen klar an die Linienhierarchie gebunden: Verantwortung, Entscheidungskompetenz und Weisungsbefugnis lagen in festen Strukturen. Mit der Einführung agiler Methoden und vernetzter Arbeitsformen entstehen neue Rollen wie Product Owner, Scrum Master oder Architekturverantwortliche, die häufig quer zu den bestehenden Hierarchien stehen. Sie übernehmen Aufgaben, die früher klar in der Linie lagen. Diese Rollen erfordern neue Formen der Abstimmung, geteilte Verantwortung im Team und die Kompetenz, in hybriden Steuerungssystemen Orientierung und Wirksamkeit zu entwickeln.

- **Fachkompetenz**: Verständnis der Rolle im Gesamtsystem – inkl. Produkt- und Prozesskenntnis, um Verantwortung über disziplinäre Grenzen hinweg zu übernehmen und fachlich fundierte Beiträge in neuen Teamkonstellationen zu leisten. Da neue Rollen häufig disziplinenübergreifend geschnitten sind, muss Fachkompetenz dabei neu gefasst werden – als übergreifende Systemkompetenz, die unterschiedliche Fachlogiken anschlussfähig macht.
- **Methodenkompetenz**: Fähigkeit, in agilen und hybriden Arbeitsprozessen zu agieren – z. B. in iterativen Abstimmungsformaten, mit Zielkonflikten umzugehen, Prioritäten zu setzen und Rollen flexibel auszufüllen. Dabei gilt es, auch in komplexen, mitunter widersprüchlichen Steuerungssystemen (z. B. Zielkonflikte zwischen Linie, Projekt und agilen Einheiten) handlungsfähig zu bleiben.
- **Sozialkompetenz**: Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit, um in selbstorganisierten Teams Verantwortung zu teilen, neue Rollenbilder auszuhandeln und gegenseitige Erwartungen transparent zu machen.
- **Selbstkompetenz**: Bereitschaft, das alte Selbstverständnis zu hinterfragen, Unsicherheit in offenen Rollen zu akzeptieren und sich aktiv in neue Verantwortlichkeiten hineinzuentwickeln.

Von disziplinärer Tiefe zur Systemkompetenz in smarten Umgebungen

Klassisches Fachwissen allein reicht nicht mehr aus, wenn Produkte als vernetzte, softwaregesteuerte und datengetriebene Systeme entwickelt werden. Gefragt ist die Fähigkeit, technische Zusammenhänge im Zusammenspiel mit Softwarearchitektur, Nutzeranforderungen und Plattformlogiken zu erfassen, zu bewerten und zu gestalten. Beispielsweise müssen Mechanikentwickler:innen die Schnittstellen zu softwarebasierten Fahrerassistenzsystemen verstehen und gestalten.

- **Fachkompetenz**: Verständnis für die Funktionsweise vernetzter technischer Systeme und die Fähigkeit, disziplinübergreifende Anforderungen (aus Software, Elektronik, Mechanik) miteinander in Beziehung zu setzen.
- **Methodenkompetenz**: Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge zu analysieren, Modelle und Schnittstellen zu nutzen, mit Systemmodellen zu arbeiten und funktionale Wechselwirkungen zu antizipieren.
- **Sozialkompetenz**: Kommunikation über disziplinäre Grenzen hinweg, um ein gemeinsames Systemverständnis zu entwickeln, Zielkonflikte auszuhandeln und technische Konzepte teamübergreifend abzustimmen.

- **Selbstkompetenz**: Bereitschaft, den eigenen Blick zu weiten, mit unvollständigen Informationen umzugehen, sich kontinuierlich neues Wissen anzueignen und die eigene Rolle im Gesamtsystem kritisch zu reflektieren.

Von erfahrungsbasierter Engineering-Kompetenz zu modell- und datenbasierter Entwicklungskompetenz

Statt auf implizites Erfahrungswissen aus Versuch und Betrieb allein zu setzen, rückt die Fähigkeit in den Vordergrund, mit digitalen Modellen, Simulationen und datenbasierten Feedbacks produktiv umzugehen – inklusive kritischer Validierung, Interpretation und Reflexion. Typische Tools sind hier etwa der digitale Zwilling oder modellbasierte Entwicklungssysteme wie MATLAB/Simulink. Erfahrungswissen bleibt dabei wichtig, muss aber in neuen, oft abstrakten Entscheidungssituationen anschlussfähig gemacht werden.

- **Fachkompetenz**: Fähigkeit, Simulationen, digitale Zwillinge und Systemmodelle fachlich korrekt zu interpretieren, mit Erfahrungswissen abzugleichen und daraus verlässliche Einschätzungen abzuleiten.
- **Methodenkompetenz**: Umgang mit Datenanalyse-Tools, Verständnis für Modellierungsverfahren und Validierungsprozesse, souveräne Anwendung digitaler Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung.
- **Sozialkompetenz**: Zusammenarbeit zwischen datengetriebenen und erfahrungsorientierten Rollen, wechselseitiges Verständnis fördern, Wissenstransfer zwischen Generationen und Disziplinen organisieren.
- **Selbstkompetenz**: Bereitschaft, gewohnte Erfahrungsroutinen infrage zu stellen, abstraktes Denken zu vertiefen, Unsicherheiten in der Modellwelt auszuhalten und eigene Urteile kritisch zu reflektieren.

Von technikzentrierter zu soziotechnischer Fachlichkeit

Engineering war lange auf technische Machbarkeit fokussiert. Heute zählt zusätzlich die Fähigkeit, Nutzerbedürfnisse, Geschäftsmodelle und Plattformlogiken zu verstehen und Technik so zu gestalten, dass sie im Nutzungskontext sinnvoll, anschlussfähig und wirtschaftlich tragfähig ist. Technikentwicklung wird damit zur Schnittstellenaufgabe zwischen Produkt, Markt und Organisation.

- **Fachkompetenz**: Fähigkeit, technische Lösungen nicht nur funktional, sondern auch nutzungsbezogen und marktorientiert zu bewerten; Verständnis für die Rolle technischer Systeme in Geschäftsmodellen und Kundenprozessen.
- **Methodenkompetenz**: Anwendung von Methoden wie User Research, Value Proposition Design, Business Modellierung oder Systems Engineering unter Berücksichtigung nicht-technischer Anforderungen.
- **Sozialkompetenz**: Dialog mit nicht-technischen Stakeholdern (z. B. Nutzern, Vertrieb, Marketing, Service), Verständigung über Wertbeiträge im Team und Mitgestaltung an Schnittstellen zwischen Technik und Nutzung.
- **Selbstkompetenz**: Bereitschaft, eigene technische Sichtweisen zu relativieren, Perspektivwechsel vorzunehmen, Komplexität in soziotechnischen Zusammenhängen anzunehmen und aktiv nach Kunden-Feedback zu fragen.

Von disziplinärer Zusammenarbeit vor Ort zur Kooperation über Grenzen hinweg

Mit der Digitalisierung verändert sich nicht nur die technische Infrastruktur, sondern auch die Art, wie Zusammenarbeit organisiert wird: Sie verlagert sich zunehmend aus physischen Räumen in den digitalen Informationsraum – über Systemgrenzen, Standortbarrieren und Zeitzonen hinweg. Die Komplexität technischer Systeme, plattformbasierte Entwicklungsprozesse und globalisierte Lieferketten erfordern die Fähigkeit, in heterogenen, oft temporären und digitalen Teams mitzuwirken. Zusammenarbeit bedeutet heute, Verständigung im Informationsraum, Aushandlung in Echtzeit und Mitgestaltung über disziplinäre, kulturelle und organisatorische Grenzen hinweg.

- **Fachkompetenz**: Fähigkeit, Beiträge so aufzubereiten, dass sie für andere Disziplinen, Funktionsbereiche und internationale Partner anschlussfähig sind – insbesondere in virtuellen Arbeitsumgebungen.
- **Methodenkompetenz**: Umgang mit Tools für verteilte Kollaboration, Koordination in plattformbasierten Prozessen und digitales Wissensmanagement.
- **Sozialkompetenz**: Interdisziplinäre Kommunikationsfähigkeit, Teamarbeit in heterogenen und virtuellen Umgebungen, Sensibilität für kulturelle Unterschiede, Konfliktfähigkeit.
- **Selbstkompetenz**: Selbstorganisation unter neuen räumlichen und sozialen Rahmenbedingungen, Resilienz im Umgang mit Unsicherheit, Reflexionsfähigkeit und die Bereitschaft, eingefahrene Sichtweisen zu hinterfragen.

Vom Produktdesign zur Mitgestaltung von Prozessen und Strukturen der eigenen Arbeit

Mit der Transformation weiten sich die Gestaltungsanforderungen an Entwickler:innen aus: Gefordert ist zunehmend die Fähigkeit, auch die eigene Arbeit, Kompetenzen, Teamprozesse und strukturelle Rahmenbedingungen aktiv mitzugestalten – sei es bei der Einführung neuer Tools, in der Zusammenarbeit über Standortgrenzen hinweg oder bei der Klärung von Rollen und Verantwortlichkeiten. Damit wächst der Bedarf an prozessbezogener und organisationaler Gestaltungskompetenz.

- **Fachkompetenz**: Verständnis darüber, wie technische Arbeit mit organisatorischen Rahmenbedingungen und Arbeitsformen zusammenhängt; Fähigkeit, Technik, Arbeit und Organisation gemeinsam zu denken.
- **Methodenkompetenz**: Kenntnisse in Change-Methoden, Prozessgestaltung, Moderation und Beteiligungsformaten – z. B. bei der Einführung neuer Tools oder der Erprobung agiler Arbeitsweisen.
- **Sozialkompetenz**: Dialogfähigkeit mit Kolleg:innen, Führungskräften und Betriebsräten; Fähigkeit, Perspektiven auszutauschen, Interessen zu vermitteln und gemeinsame Lösungen zu entwickeln. Dazu gehört auch, Verantwortung im Team zu übernehmen – etwa im Umgang mit Belastungssituationen, in der gegenseitigen Leistungsregulierung oder in der aktiven Beteiligung an Veränderungsprozessen, z. B. bei der Mitgestaltung von Abläufen und Arbeitsbedingungen.
- **Selbstkompetenz**: Bereitschaft, Routinen zu hinterfragen, sich in Veränderungsprozesse einzubringen, Verantwortung zu übernehmen und den eigenen Gestaltungsanspruch aktiv wahrzunehmen – auch im Sinne der Fürsorge für sich selbst und für gute Arbeitsbedingungen im Team.

Vom individuellen Lernen zum kollektiven Lernprozess

Lernen verschiebt sich vom persönlichen Wissensaufbau hin zu team- und organisationsbezogenen Lernformaten. Retrospektiven, Lessons Learned, Peer-Learning oder interdisziplinäre Reflexionsrunden werden zentral für die gemeinsame Weiterentwicklung.

- **Fachkompetenz**: Weitergabe und Einbettung von Fachwissen in den gemeinsamen Arbeitsprozess; Fähigkeit, die eigene Expertise verständlich, anschlussfähig und situationsbezogen im Team einzubringen.
- **Methodenkompetenz**: Anwendung kooperativer Lernmethoden wie Peer-Learning, kollektive Fehleranalysen, Lessons Learned, iterative Reviews und der reflektierte Umgang mit Feedback.
- **Sozialkompetenz**: Bereitschaft und Fähigkeit, Wissen zu teilen, gemeinsam zu reflektieren, voneinander zu lernen und gemeinsam Verantwortung für Lernfortschritte im Team zu übernehmen.
- **Selbstkompetenz**: Offenheit für Feedback, Lernbereitschaft im Alltag und Reflexion des eigenen Lernverhaltens.

Von kontrollierender Führung zur Ermöglichung kollektiver Lern- und Entwicklungsprozesse

Führung in der Transformation bedeutet nicht mehr primär, Aufgaben zuzuweisen und Ergebnisse zu kontrollieren. Gefordert ist vielmehr die Fähigkeit, Selbstorganisation im Team zu ermöglichen, Orientierung in unsicheren Situationen zu geben und Lernprozesse aktiv zu gestalten. Führungskräfte werden zu Moderierenden in Spannungsfeldern, zu Brückenbauenden zwischen Strategie und Praxis, zu Begleiter:innen in organisationalem Wandel.

- **Fachkompetenz**: Verständnis für technische, organisatorische und strategische Zusammenhänge, um Entwicklungsprozesse zu unterstützen und systemische Orientierung zu geben.
- **Methodenkompetenz**: Fähigkeit zur Gestaltung von Lernräumen, zur Moderation von Retrospektiven und Feedbackprozessen, zur Entwicklung transparenter Entscheidungsstrukturen und zur Arbeit mit agilen und hybriden Steuerungslogiken.
- **Sozialkompetenz**: Kommunikations- und Beziehungsgestaltung auf Augenhöhe, Fähigkeit zum Zuhören, zur Konfliktmoderation, zum Perspektivwechsel – auch gegenüber Team, Bereichsleitung und Betriebsrat.
- **Selbstkompetenz**: Reflexionsfähigkeit über die eigene Rolle und Einflussnahme – und deren Wirkung auf Teamprozesse, Bereitschaft zum Rollenwandel, Umgang mit Kontrollverlust, Vertrauen in Teams, Verantwortung für Kulturentwicklung.

Berufliches Selbstverständnis im Wandel

Die Transformation verändert nicht nur die fachlichen Anforderungen, sondern greift auch in Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen ein. Fachlich reicht es nicht mehr, in der eigenen Disziplin tief verwurzelt zu sein. Entwickler:innen benötigen zunehmend Systemkompetenz, um Mechanik, Elektronik, Software und Datenmodelle zusammenzudenken. Eine auf systemische Zusammenhänge und interdisziplinäre Zusammenarbeit gerichtete Methodenkompetenz gewinnt an Bedeutung. Sozialkompetenzen werden wichtiger, da die Arbeit in global verteilten, interdisziplinären Teams ständige Abstimmung und Konfliktlösung erfordert. Und schließlich ist Selbstkompetenz entscheidend:

Entwickler:innen müssen mit widersprüchlichen Anforderungen umgehen, sich in neuen Rollen zurechtfinden und neue Verantwortungen für sich und andere übernehmen können.

Damit entstehen nicht nur punktuelle neue Anforderungen an Wissen und Verhalten. Vielmehr greift die Transformation tief in Berufsbilder und das berufliche Selbstbild vieler Beschäftigter und der Führungskräfte im Engineering ein. Grundlegende Vorstellungen, worin die berufliche Aufgabe besteht, wie sie zu bewältigen ist und welche Kompetenzen dafür benötigt werden, werden immer weniger als stimmig erlebt. Es reicht also nicht mehr aus, berufliche Handlungskompetenzen innerhalb einzelner Disziplinen und ihrer gewohnten Prozesslogiken punktuell zu erweitern. Entscheidend ist vielmehr, ein stimmiges neues Gesamtbild von Engineering-Kompetenz zu entwickeln, das die strukturellen Veränderungen im Engineering aufgreift.

Nur wenn neue Anforderungen in ein erneuertes, kohärentes Selbstverständnis eingebettet werden, kann Kompetenzentwicklung sinnvoll, anschlussfähig und nachhaltig gestaltet werden.

4.6.4 Qualifizierung differenziert betrachten – unterschiedliche Beschäftigtengruppen im Fokus

Transformation trifft nicht alle Beschäftigten gleichermaßen. Unterschiede ergeben sich nicht nur aus Aufgabenprofilen oder Erfahrungshorizonten, sondern auch aus disziplinären Prägungen, methodischen Zugängen und organisationalen Verortungen. Wer Qualifizierung wirksam gestalten will, muss diese Vielfalt nicht nur akzeptieren, sondern aktiv zum Ausgangspunkt strategischer Entwicklung machen.

Disziplinäre Kulturen im Engineering

Mechanik, Elektronik und Software folgen jeweils eigenen Entwicklungslogiken, Sprachen und Selbstverständnissen. Die einen sind geprägt von Linearität, physischem Produktbezug und erprobtem Erfahrungswissen; die anderen von iterativer Logik, funktionaler Abstraktion und agiler Methodenorientierung. Smarte Systeme und vernetzte Architekturen zwingen diese Kulturen zur Zusammenarbeit – oft ohne, dass ein gemeinsames Verständnis gewachsen ist. So treffen in der Entwicklung moderner Antriebsstränge klassische mechanische Expertise (z. B. Thermodynamik, Strömungsmechanik) auf modellbasierte Softwareentwicklung zur Steuerung hybrider Systeme – häufig ohne gemeinsame Sprache. Qualifizierung muss hier auch als Übersetzungsleistung verstanden werden: Sie muss Verständigung ermöglichen, ohne Unterschiede einzuebnen.

Unterschiedliche Beschäftigtengruppen – unterschiedliche Lernzugänge

- Erfahrene Fachkräfte (z. B. in Mechanik oder Versuch): verfügen über tiefes Erfahrungswissen, sind aber besonders stark von Umbrüchen in Technologie und Organisation betroffen. Lernbedarf: Integration ihres Wissens in neue Entwicklungslogiken (z. B. modellbasiert, interdisziplinär), Sicherung von Erfahrungswissen, Rollenklärung.
- Junge Entwickler:innen: häufig mit digital geprägtem Methodenrepertoire, technologisch gut ausgebildet, aber oft mit schwacher Einbindung in systemische Zusammenhänge und wenig Erfahrung mit produktionsnaher Umsetzungslogik. Lernbedarf: Kontextverständnis, Anschluss an reale Prozesse, Umgang mit Zielkonflikten, Verständnis für implizite Praxisregeln.

- Techniker:innen, Meister:innen, produktionsnahe Entwickler:innen praxisnah, systemerfahren, aber häufig von strategischer Qualifizierung abgekoppelt. Lernbedarf: Integration in Entwicklung, Sichtbarmachung ihrer Kompetenzen, Rolle in komplexeren Wertschöpfungsketten.

Vielfalt als strategische Ressource

Eine Qualifizierung, die Unterschiedlichkeit ernst nimmt, braucht entsprechend differenzierte Zugänge:

- zielgruppengerechte Formate,
- erfahrungsbasierte Lernwege,
- generationenübergreifenden Austausch,
- disziplinübergreifende Verständigungsräume.

Dann können unterschiedliche Perspektiven, Kompetenzen und Selbstverständnisse Organisationen widerstandsfähig, lernfähig und zukunftsoffen machen.

4.6.5 Mit Kompetenzentwicklung den Wandel gestalten

Kompetenzentwicklung ist ein strategischer Schlüssel der Transformation. Sie entscheidet, ob neue Technologien, Methoden, Organisationsformen und Prozesse wirksam werden – oder ob sie an fehlenden Fähigkeiten und Orientierungen scheitern.

Beschäftigte, Führungskräfte, HR und andere Akteure tun sich zunehmend schwer, neue Anforderungen zu interpretieren und daraus die richtigen Kompetenzbedarfe abzuleiten. Der Grund: Ihre Sicht auf Engineering-Kompetenzen ist noch stark in Fachdisziplinen, traditioneller Arbeitsteilung und einer hierarchischen Entscheidungskultur verankert. Heute braucht es jedoch ein neues Gesamtbild von Engineering-Kompetenz. Dieses muss die strukturellen Veränderungen aufgreifen und die in 4.6.3 dargestellten Spannungsfelder berücksichtigen. Ein solches Bild schafft Orientierung – für das berufliche Selbstverständnis, für die Zusammenarbeit im Team und für die strategische Steuerung von Personalentwicklung und Lernprozessen. Dafür ist bei allen Beteiligten die Bereitschaft notwendig, nicht nur Wissens- und Fähigkeitslücken zu schließen, sondern auch ihre Vorstellungen von Kompetenz grundsätzlich zu überprüfen und neu auszurichten.

Den strukturellen Wandel der Engineering-Kompetenz erkennen und ein neues Gesamtbild entwickeln

Was ist zu tun?

Eine strategische Kompetenzentwicklung in der Transformation braucht Raum für kollektive Reflexion der strukturellen Veränderungen von Engineering-Kompetenz und die damit verbundenen Anforderungen an Vorgehen und Instrumenten der Kompetenzentwicklung.

Nutzen

So entsteht für alle Beteiligten (Beschäftigte, Führungskräfte, Betriebsrat, HR) eine tragfähige Grundlage, um die Veränderungsdynamik und die sich schnell wandelnden Kompetenzanforderungen als stimmig zu erleben.

- Eigeninitiative in der Kompetenzentwicklung wird gestärkt
- Einzelne Initiativen lassen sich leichter integrieren und mit den strategischen Transformationszielen des Unternehmens koppeln
- Zentrale Kompetenzen für Transformationsfähigkeit, Effizienz, Flexibilität und gute Arbeitsbedingungen können schneller und gezielter entwickelt werden

Kompetenzbedarfe im Dialog von Strategie und Praxis entwickeln

Was ist zu tun?
Kompetenzentwicklung braucht den kontinuierlichen Dialog zwischen strategischen Zielbildern (Strategie, Technologien, Markttrends) und den Erfahrungen aus der Praxis (Teams, Projekte, Arbeitsprozesse, Einsatz digitaler Werkzeuge). Statt einseitiger Planung gilt es, Top-down-Orientierung und Bottom-up-Erfahrungswissen in iterativen Feedbackschleifen zu verbinden, um Spannungen zwischen strategischem Anspruch und praktischer Machbarkeit bearbeitbar zu machen.

Nutzen
- Agilität: Kompetenzentwicklung bleibt anschlussfähig an sich verändernde Transformationsziele.
- Beschäftigte erleben neue Kompetenzanforderungen als stimmig und erleben, dass ihre Erfahrungen und Bedarfe ernst genommen werden.
- Wertschöpfung: Kompetenzen entstehen dort, wo sie für Innovation, Effizienz und gute Arbeitsbedingungen gebraucht werden.
- Lernkultur: Unternehmen entwickeln die Fähigkeit, aus Spannungen und Widersprüchen kontinuierlich zu lernen – ein zentrales Prinzip von Agile HR.

Zielgruppen differenziert betrachten – ohne blinde Flecken

Was ist zu tun?
Kompetenzentwicklung muss die unterschiedlichen strukturellen Veränderungen berücksichtigen, mit denen Beschäftigtengruppen je nach Disziplin, Qualifikationsniveau, Alter oder Berufserfahrung konfrontiert sind. Keine Gruppe darf aus dem Blick geraten, insbesondere Fachkräfte auf dem mittleren Qualifikationsniveau, deren Bedeutung für ein erfolgreiches Engineering oft unterschätzt wird. Lösungen aus der Berufsbildung (vgl. im Anhang Kapitel 7.3) bieten hier Orientierung.

Nutzen
- Verhindert, dass Gruppen in der Transformation abgehängt oder übersehen werden.
- Sichert Entwicklungsperspektiven und Motivation für alle Beschäftigten.
- Nutzt das gesamte Kompetenzpotenzial für die Transformationsfähigkeit des Unternehmens.

Agile Kompetenzentwicklung im Unternehmen verankern

Was ist zu tun?
Damit Kompetenzentwicklung nicht bei Einzelmaßnahmen oder kurzfristigen Initiativen steckenbleibt und zu einem Schlüssel für erfolgreiche Transformation werden kann, muss ihre Verankerung

in allen relevanten Dimensionen der Organisation sichergestellt werden: In Strategie, Struktur und Prozessen, Unternehmenskultur und Arbeitsalltag.

Nutzen

- Stellt sicher, dass der Dialog von Strategie und Praxis institutionell abgesichert ist und nicht vom Engagement Einzelner abhängt.
- Sichert Verbindlichkeit und bindet Kompetenzentwicklung eng an den Transformationspfad des Unternehmens.
- Erschließt die Potenziale von Beschäftigten, Teams und Organisation und macht sie für die erfolgreiche Transformation nutzbar – gleichrangig mit technischer Innovation und organisatorischer Neuausrichtung.
- Stärkt die Handlungsfähigkeit und Eigenverantwortung der Beschäftigten, indem sie nicht nur Adressaten von Maßnahmen sind, sondern aktiv an der Gestaltung von Kompetenzentwicklung und Transformation mitwirken können.

Mitbestimmung stärkt Kompetenzentwicklung

Was ist zu tun?

Strategische Kompetenzentwicklung braucht die aktive Beteiligung von Betriebsräten, die Dialogprozesse zwischen Strategie und Praxis initiieren und aktiv begleiten, die Beschäftigtenperspektive systematisch einbringen – gerade auch die von Gruppen, die sonst leicht übersehen werden, und über Betriebsvereinbarungen und Regelungen verbindliche Rahmenbedingungen schaffen – etwa für Lernzeiten, Beteiligungsformate, die Anerkennung informellen Lernens sowie transparente Regelungen zu agilen Rollen und Prozessen.

Nutzen

- Stärkt die Teilhabe der Beschäftigten an einer zukunftsfähigen Kompetenzentwicklung und sorgt dafür, dass keine Gruppe in der Transformation aus dem Blick gerät.
- Macht Kompetenzentwicklung zu einem gemeinsam getragenen Prozess von Unternehmensleitung, HR, Führungskräften, Beschäftigten und Betriebsrat – und erhöht so die Wirksamkeit.
- Unterstützt eine Kompetenzentwicklung, die Erfahrungswissen integriert, statt es zu entwerten.
- Sorgt durch Betriebsvereinbarungen für Verlässlichkeit und Transparenz und schafft damit Vertrauen und Engagement bei allen Beteiligten

4.6.6 Fazit: Kompetenzentwicklung als strategische Gemeinschaftsaufgabe

Kompetenzentwicklung ist ein kollektiver Such- und Gestaltungsprozess im Spannungsfeld technischer, organisatorischer und kultureller Veränderungen. Die in diesem Kapitel beschriebenen Ansatzpunkte zeigen, wie betriebliche Akteure diesen Prozess strategisch, differenziert und partizipativ ausgestalten können. Statt auf normative Kompetenzmodelle zu setzen, rückt das vorgestellte Vorgehen die konkrete betriebliche Transformation ins Zentrum – mit ihren Brüchen, Unsicherheiten, neuen Anforderungen und Lernanlässen.

Dies eröffnet Chancen: für gezielte, anschlussfähige Lernprozesse ebenso wie für mehr Beteiligung und gemeinsame Verantwortung. Voraussetzung dafür ist ein Perspektivwechsel – weg von punktuellen Maßnahmen, hin zu einer systematischen, erfahrungsbasierten Kompetenzentwicklung. Dafür braucht es Dialogräume, abgestimmte Rollenbilder und eine strategische Verankerung – nicht nur in HR, sondern in Führung, Mitbestimmung und Fachbereichen.

Zum Weiterlesen:

- acatech (Hrsg.) (2016) Kompetenzen für die Industrie 4.0 – Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/161202_POS_Kompetenz_Industrie40_Web.pdf
- AgenturQ (2024): Future Skills 2030 – Handlungsempfehlungen zur strategischen Kompetenzentwicklung. https://www.agenturq.de/wp-content/uploads/2024/05/2406282_Future-Skills-AQ-digital.pdf
- Stracke S, Rieke C, Schöneberg K, Baldauf S, Maack K (2018) Strategische Personalplanung mit Weitblick. Ein Ratgeber für Betriebsräte, 2. Aufl. INQA, Berlin. https://www.inqa.de/SharedDocs/PDFs/DE/Publikationen/strategische-personalplanung-mit-weitblick.pdf;jsessionid=F3D77438244024A1D394598E7F303E12?__blob=publicationFile&v=2.
- Wilms G, Zapp D, Tan J-V (2018) Strategische Personalplanung leicht gemacht. Ein Handbuch für kleine und mittelgroße Unternehmen. INQA, Berlin. https://www.inqa.de/DE/Angebote/Publikationen/strategische-personalplanung-kmu.html.

5 Fazit: Was jetzt zu tun ist

Für eine erfolgreiche Bewältigung der Transformation im Engineering stehen aktuell keine Patentrezepte bereit. Das Automotive Engineering der Zukunft muss noch gefunden werden. In der betrieblichen Praxis stellt sich das Transformationsgeschehen entsprechend komplex und unübersichtlich dar. In der Gesamtsicht jedoch kann man diagnostizieren: **Das Alte funktioniert nicht mehr richtig, das Neue ist noch nicht da.**

Auf dem Weg zum Auto der Zukunft gehen im Moment gemeinsam getragene Leitbilder und Denkmuster verloren, an denen sich das Engineering bisher stillschweigend über die verschiedenen Disziplinen, über Standorte und über die Phasen des Produktlebenszyklus hinweg orientiert hat. Darunter leidet die Kohärenz in Kooperation und Kommunikation und letztlich die Fähigkeit, gemeinsam an einem Strang zu ziehen. Die Engineering-Organisation gerät mit ihren Hierarchien, Silos und ihrer durch Outsourcing und Verlagerung weiter verstärkten Komplexität und Schwerfälligkeit an ihre Grenzen. Die digitale Transformation steckt zwischen überzogenen Erwartungen und nicht genutzten Transformationspotenzialen in vielen Unternehmen fest. Und aktuelle Engineering-Projekte scheitern oder sind wenig effizient, weil es bisher außerhalb von Leuchtturm-Projekten oder Task Forces, die zur Rettung von Projekten gegründet werden, kaum gelingt, eine Vorstellung von Agile Engineering zu entwickeln, in dem Organisationsstrukturen, Führung und Projektmanagement darauf gerichtet sind, Engineering-Teams zu empowern und einen Freiraum für Selbstorganisation zu schaffen.

Die Folgen dieses »Dazwischen« treffen sowohl Unternehmen als auch Beschäftigte. Denn das Engineering sieht sich in vielen Unternehmen aktuell in einem Spannungsfeld widersprüchlicher Anforderungen. Innovation vs. Kosten senken. Standardisierung vs. Flexibilität. Integration von Prozessen vs. Outsourcing. In der betrieblichen Praxis sind hier vielfältige Reibungsverluste zu finden, die zu Problemen, Ineffizienzen und Fehlentwicklungen im Engineering führen.

Insgesamt stellt sich die Transformation im Automotive Engineering als anspruchsvolles Projekt mit offenem Ausgang dar. Vieles deutet auf einen fundamentalen Wandel hin, den es zu bewältigen gilt. Hier stellt sich die Frage »**Was tun?**«. Die Herausforderungen, vor denen sich das Engineering sieht, verweisen auf diese Ansatzpunkte:

Die **Produkt- und Innovationsstrategie als Richtungsgeber der Transformation nutzen**: den systemischen Wandel des Fahrzeugs insgesamt und der Produkte und Services des Unternehmens offensiv zum Thema machen und damit Zielmarken für Organisationsentwicklung, Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung setzen.

Prozesse und Strukturen auf den Prüfstand stellen: Dreh- und Angelpunkt einer erfolgreichen Transformation des Engineerings ist es, eine Verkürzung von Entwicklungszeiten, Innovationsfähigkeit in neuen globalen Innovationsökosystemen sowie Flexibilität in einem zunehmend unsicheren Markt auf der operativen Ebene zu erreichen. Aktuelle Probleme im Engineering, die sowohl mit Blick auf Effizienz als auch mit Blick auf Arbeitsbelastung sowie zunehmende Unzufriedenheit der Mitarbeitenden thematisiert werden, zeigen, dass es hierbei nicht nur um eine in Zukunft zu erreichende Zielmarke geht. Die Anforderungen sind längst im Arbeitsalltag angekommen und machen Probleme. Jetzt braucht es tragfähige Lösungen.

Es gilt also, bestehende Blockaden zu identifizieren und zu beheben. Die Integration von Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung, agile Arbeits- und Organisationsformen sowie eine strategische Neuorientierung der globalen Verteilung von Entwicklungsleistungen an nachhaltigen Zukunftsbildern für Standorte sind dann Maßnahmen, die das Engineering prüfen sollten.

Jedes Digitalisierungsprojekt ist eine kleine Transformation, die die Chance bietet, aktuelle Probleme zu adressieren und neue Lösungen zu entdecken. In der Planung von Digitalisierungsprojekten gehören Technik, Organisationsentwicklung, Arbeitsgestaltung und Qualifizierung zu den Aufgaben, die bearbeitet und zeitlich wie sachlich orchestriert werden sollten.

Qualifizierung und Kompetenzentwicklung ist ein zentrales Handlungsfeld in der Transformation. Es gilt, sich auf eine hohe Veränderungsdynamik der Entwicklungsarbeit und ihrer Aufgaben einzustellen. Notwendig ist es, sich von linearen, technologieorientierten Bedarfsanalysen zu verabschieden. Sowohl Prozesse als auch Ziele der Kompetenzentwicklung müssten in vielen Unternehmen auf den Prüfstand gestellt werden, um den systemischen Kompetenzwandel vorausschauend zu adressieren, zielgruppengerechte Lösungen für alle Beschäftigtengruppen im Engineering zu entwickeln, Beschäftigung zu sichern und Blockaden durch fehlende Fachkräfte zu vermeiden.

Die Probleme mit den nicht bewältigten Transformationsaufgaben nehmen täglich zu, doch Blaupausen für den Umbau fehlen. Und je weiter die Entscheider oder HR in den Unternehmen von den operativen Herausforderungen der Transformation entfernt sind, desto schwieriger wird es für sie, Lösungen zu entwickeln, die im Arbeitsalltag tatsächlich tragfähig sind und Blockaden lösen statt neue zu schaffen. Nicht umsonst erleben Ansätze des organisationalen Lernens unter anderem unter dem Stichwort »Agil« eine Renaissance. Transformation als kollektiver Lernprozess setzt darauf, Mitarbeiter, operative Führungskräfte und Betriebsräte frühzeitig einzubeziehen. Die Identifizierung von Handlungsbedarf, die Suche nach neuen Lösungen, die Nutzung von Good Practice sowie die Erprobung und Verbesserung von Lösungen kann so zielgerichteter erfolgen und gleichzeitig Engagement, Kreativität und Vertrauen in die Zukunft mobilisieren.

6 Literatur

- Abramovici, Michael; Herzog, Ottheim (2016): Engineering im Umfeld von Industrie 4.0: Einschätzungen und Handlungsbedarf, München: Acatech.
- acatech (Hrsg.) (2016) Kompetenzen für die Industrie 4.0 – Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/161202_POS_Kompetenz_Industrie40_Web.pdf
- acatech (Hrsg.) (2021) Verantwortung in Unternehmen und Institutionen für eine nachhaltige Technikentwicklung (acatech POSITION), München. https://www.acatech.de/publikation/verantwortung-in-unternehmen-und-institutionen-fuer-eine-nachhaltige-technikentwicklung/?utm_source=chatgpt.com
- AgenturQ (2024): Future Skills 2030 – Handlungsempfehlungen zur strategischen Kompetenzentwicklung. URL https://www.agenturq.de/wp-content/uploads/2024/05/2406282_Future-Skills-AQ-digital.pdf
- Albers, Albert; et. al (2022): Strategie Advanced Systems Engineering. Leitinitiative zur Zukunft des Engineering- und Innovationsstandorts Deutschland, München.
- Baukrowitz, Andrea; Hageni, Karl-Heinz (2020): Agiles Arbeiten mitgestalten: Strategie und Handlungsfelder der Mitbestimmung, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Mitbestimmungspraxis Nr. 30). (https://www.imu-boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-007669)
- BiBB (2018). Industrielle Elektroberufe, Mechatroniker und Mechatronikerin. Ausbildung gestalten, Bonn. https://bibb-dspace.bibb.de/rest/bitstreams/d3e16c25-44f6-4fdf-ad31-ac21a010f3d3/retrieve
- BiBB (2018). Industrielle Metallberufe. Ausbildung gestalten, Bonn. https://bibb-dspace.bibb.de/rest/bitstreams/068c96fb-fc1c-4e92-9054-ec67c01bb34c/retrieve
- BiBB (2020): Umsetzungshilfen zu den IT-Berufen https://www.bibb.de/de/127913.php
- Blöcker, Anja; Dörre, Klaus; Holzschuh, Madeleine (Hrsg.) (2020): Auto- und Zulieferindustrie in der Transformation. Beschäftigtenperspektiven aus fünf Bundesländern. Eine Studie der Stiftung Neue Länder in der Otto Brenner Stiftung, Frankfurt a.M.. https://www.otto-brenner-stiftung.de/wissenschaftsportal/publikationen/titel/auto-und-zulieferindustrie-in-der-transformation/aktion/show/
- Boes, A. et al. (Hrsg.) (2020): Empowerment in der agilen Arbeitswelt. Stuttgart: Haufe
- Boes, A.; Kämpf, T.; Lühr, T. et al. (2020): Empowerment oder Überwachung? Gestaltungspotenziale von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz in der Arbeitswelt« in: WSI-Mitteilungen 3/2020, S. 186–194.
- Boes, Andreas (2021): Die deutschen Zulieferer und der Umbruch der Automobilindustrie, München. https://idguzda.de/blog/die-deutschen-zulieferer-und-der-umbruch-der-automobilindustrie/
- Boes, Andreas/Langes, Barbara (Hrsg.): Die Cloud und der digitale Umbruch in Wirtschaft und Arbeit. Freiburg u. a.
- Boes, Andreas; Gül, Katrin; Kämpf, Tobias; u. a. (Hrsg.) (2020): Empowerment in der agilen Arbeitswelt: Analysen, Handlungsorientierungen und Erfolgsfaktoren, Stuttgart: Haufe.

- Boes, Andreas; Ziegler, Alexander (2021): Umbruch in der Automobilindustrie, München. https://doi.org/10.36194/IDGUZDA_Forschungsbericht_Auto
- Bundesagentur für Arbeit (2024): Engpassanalyse. URL: https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Fachkraefte-Nav.html
- e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue; Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg (Hrsg.) (2023): Strukturstudie BW 2023. Transformation der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie in Baden-Württemberg durch Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung. https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW_Strukturstudie_BW_2023.pdf
- Europäische Union (2024): Verordnung über künstliche Intelligenz (AI Act). https://artificialintelligenceact.eu
- Graf, Nele; Gramß, Denise; Edelkraut, Frank; u. a. (2019). Agiles Lernen neue Rollen, Kompetenzen und Methoden im Unternehmenskontext. Freiburg: Haufe.
- Häusling, André; Fischer, Stephan (2020). Der Weg zur agilen HR-Organisation: Modelle und Praxisbeispiele zur agilen Transformation. Freiburg: Haufe.
- Hochschulrektorenkonferenz (2019): nexus impulse für die Praxis – Nr. 18: Interdisziplinäre Kompetenzbildung – Fächerübergreifendes Denken und Handeln in der Lehre fördern, begleiten und feststellen. https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/impulseNr.18_InterdisziplinaereKompetenzbildung.pdf
- Hochschulrektorenkonferenz (2020): Handreichung. Gestaltung eines Fachqualifikationsrahmens in den Ingenieurwissenschaften. https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Handreichung_FQR_Ing_Web_mLinks.pdf
- Kämpf, T. (o.J.): Knackpunkt Empowerment. https://www.igmetall.de/politik-und-gesellschaft/zukunft-der-arbeit/digitalisierung/knackpunkt-empowerment
- Kämpf, Tobias & Langes, Barbara. (2021). KI in der digitalen Arbeitswelt. https://denk-doch-mal.de/tobias-kaempf-barbara-langes-kuenstliche-intelligenz-in-der-digitalen-arbeitswelt-erste-befunde-einer-empirischen-bestandsaufnahme/
- KMK (2011): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der KMK für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_09_23-Handreichung-Rahmenlehrplaene.pdf
- Leffers, Nina; Stahl, Martin; Maihöfer, Andreas (2020): Der Wertschöpfungsbeitrag der EDL-Branche in der global transformierten Automobilindustrie. Eine Studie des Verbands der Automobilindustrie e. V. (VDA) in Zusammenarbeit mit Stahl Automotive Consulting GmbH (SAC), (Materialien zur Automobilindustrie). Berlin. https://www.vda.de/de/aktuelles/publikationen/publication/der-wertsch-pfungsbeitrag-der-edl-branche-in-der-global-transformierten-automobilindustrie)
- MINT-DataLab. (2023). MINT-DataLab. Analysen, Grafiken und Statistiken rund um MINT. Abgerufen am 24.06.2024, von MINT-DataLab – MINTvernetzt. https://www.mint-vernetzt.de/mint-datalab/
- Nicklas, Kristin, Simon J.; Michalides, Marvin; Atzberger, Alexander; Weiss, Stefan; Paetzold (2021): Agile Entwicklung physischer Produkte 2021 : Eine Studie zum aktuellen Stand in der industriellen Praxis während der COVID-19-Pandemie, Neubiberg: Universität der Bundeswehr München, doi: 10.18726/2021_3.
- Otto-Brenner-Stiftung (2020): Auto- und Zulieferindustrie in der Transformation Beschäftigtenperspektiven aus fünf Bundesländern – mit Fokus auf Veränderungen in Qualifikation, Tätigkeitsprofilen und Beschäftigungssicherheit. https://www.otto-brenner-shop.de/publikationen/obs-arbeitshefte/auto-und-zulieferindustrie-in-der-transformation/
- Patricia Nilsson, Finanzial Times am 04.09.2024. https://www.ft.com/content/b861e949-76a2-4782-9c74-947dfb56b41a?utm_source=chatgpt.com
- Pfeiffer, Sabine; Petra, Schütt; Daniela, Wühr (Hrsg.) (2012): Smarte Innovation, Wiesbaden.
- Redmann, Britta (2017): Agiles Arbeiten im Unternehmen: rechtliche Rahmenbedingungen und gesetzliche Anforderungen, 1. Auflage., Freiburg München Stuttgart: Haufe Gruppe.

- RKW Kompetenzzentrum (2021): Betriebliche Digitalisierung erfolgreich gestalten. Praxisbroschüre aus dem Projekt APRODI – Arbeits- und prozessorientierte Digitalisierung in Industrieunternehmen. https://www.aprodi-projekt.de/fileadmin/media/Produkte/2021/Leitfaden/20211125-APRODI-Betriebliche-Digitalisierung-erfolgreich-gestalten.pdf
- Rudolf, Ch. (2018): Neue Curricula braucht die Hochschule – Ingenieur*innen zur Arbeitsgestaltung befähigen. In Weidner, R., Karafillidis, A.: Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen. Dritte Transdisziplinäre Koferenz. Hamburg. Technische-Unterstuetzungssysteme-die-die-Menschen-wirklich-wollen-Band-zur-dritten-transdisziplinaeren-Konferenz-2018.pdf
- Schwarz-Kocher, Martin; Krzywdzinski, Martin; Korflür, Inger; u. a. (Hrsg.) (2019): Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie: die Situation in Deutschland und Mittelosteuropa unter dem Druck veränderter globaler Wertschöpfungsstrukturen, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Study / Hans-Böckler-Stiftung). https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-007098/p_study_hbs_409.pdf
- Seibold, Bettina; Grasy, Jonas (2022): KI verstehen, bewerten und begrenzen (2022) – Portrait über den Einsatz von Systemen der künstlichen Intelligenz bei der IBM Central Holding GmbH. Betriebs- und Dienstvereinbarungen Nr. 26, 10 Seiten. KI verstehen, bewerten und begrenzen (2022) – Institut für Mitbestimmung und Unternehmensführung (I.M.U.) in der Hans-Böckler-Stiftung
- Sonnen-Aures, Klaus-Theo (2020): Selbstorganisiert und selbstbestimmt. Die DB Systel auf dem Weg in die neue Arbeitswelt, in: Andreas Boes, Katrin Gül, Tobias Kämpf, u. a. (Hrsg.), Empowerment in der agilen Arbeitswelt: Analysen, Handlungsorientierungen und Erfolgsfaktoren, Stuttgart: Haufe, S. 79–91.
- Stifterverband (2023). Tabellenband Zahlenwerk 2023. Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2021. https://www.stifterverband.org/zahlenwerk_2023
- Stracke S, Rieke C, Schöneberg K, Baldauf S, Maack K (2018) Strategische Personalplanung mit Weitblick. Ein Ratgeber für Betriebsräte, 2. Aufl. INQA, Berlin. https://www.inqa.de/SharedDocs/PDFs/DE/Publikationen/strategische-personalplanung-mit-weitblick.pdf;jsessionid=F3D77438244024A1D394598E7F303E12?__blob=publicationFile&v=2.
- Strategy& (2024): Die Neu(er)findung der Automobilzulieferindustrie. Automotive Supplier Study. PwC. https://www.strategyand.pwc.com/de/de/branchen/automobil/automobilzulieferer.html?utm_source=chatgpt.com
- Ulrich, A. (2019): Im Dialog. Transformation der DB Systel https://unternehmensdemokraten.de/2019/11/25/im-dialog-transformation-der-db-systel-teil-1/
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2019). Ingenieurausbildung für die digitale Transformation. VDI Verlag. https://www.vdi.de/fileadmin/user_upload/VDI-Studie_Ingenieurausbildung_fuer_die_Digitale_Transformation.pdf
- Weiss, Stefan; Michalides, Marvin; Pendzik, Martin; u. a. (2023): Agile Entwicklung physischer Produkte 2023, Qucosa – Technische Universität Dresden: Agile Entwicklung physischer Produkte 2023.
- Will-Zocholl, Mascha (2011): Wissensarbeit in der Automobilindustrie: Topologie der Reorganisation von Ingenieursarbeit in der globalen Produktentwicklung, 1. Auflage., Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Wilms G, Zapp D, Tan J-V (2018) Strategische Personalplanung leicht gemacht. Ein Handbuch für kleine und mittelgroße Unternehmen. INQA, Berlin. https://www.inqa.de/DE/Angebote/Publikationen/strategische-personalplanung-kmu.html
- ZVEI (2017): Agile Prinzipien und ISO 26262 Anmerkung aus Sicht der ISO 26262 und Umsetzbarkeit in automotiven Serienprojekten, [online] https://agile.zvei.org/fileadmin/agile/Dokumente/Agile-Prinzipien-und-ISO-26262-ZVEI.pdf [12.09.2024].
- ZVEI (2021): Introduction to the combined Application of Agile & Safety in Automotive Software Development, Frankfurt a.M. https://agile.zvei.org/fileadmin/agile/Dokumente/Guideline_Introduction-Agile-and-Safety-in-Automotive-Software-Development.pdf

7 Anhang

7.1 Duale Berufe im Engineering – Potenziale und Perspektiven

Die duale Ausbildung spielt eine zentrale Rolle im Transformationsprozess der Industrie – und gewinnt auch im Engineering zunehmend an Bedeutung. In mehreren industriellen Metall-, Elektro- und Mechatronikberufen wurden in den letzten Jahren die Ausbildungsordnungen modernisiert, ebenso wie in den IT-Berufen. Ziel war es, die Fachkräfte von morgen gezielt auf eine zunehmend vernetzte, datenbasierte und systemisch geprägte Arbeitswelt vorzubereiten.

Die modernisierten Berufsbilder vermitteln nicht nur technisches Fachwissen, sondern stärken auch digitale Prozesskompetenz, Systemdenken und die Fähigkeit, mit intelligenten Werkzeugen, ver- netzten Plattformen und automatisierten Systemen umzugehen. Damit kann die duale Ausbildung einen wichtigen Beitrag leisten, um den Fachkräftebedarf auch im Engineering unter den Bedingungen der Transformation zu sichern.

Metall-, Elektro- und Mechatronikberufen – mit Fokus auf smartes Systemverständnis

- **Mechatroniker:in (Industrie)**
  - Letzte Modernisierung: 2018
  - Begründung: Deckt bereits mechanische, elektrische und zunehmend digitale/vernetzte Systeme ab. Lernfelder zu Systemanalyse, Sensorik/Aktorik und Schnittstellenverständnis wurden gestärkt.
  - Typische Einsätze: Prüfstand, Automatisierung, Entwicklungslabore, Instandhaltung 4.0

- **Elektroniker:in für Automatisierungstechnik (Industrie)**
  - Letzte Modernisierung: 2018
  - Begründung: Starker Fokus auf vernetzte Steuerungs- und Regelungssysteme, digitale Schnittstellen und softwaregestützte Prozesse.
  - Typische Einsätze: Prüftechnik, Prozessautomation, Laborsysteme, Anlagenentwicklung

- **Industrielle Metallberufe (z. B. Industriemechaniker:in, Zerspanungsmechaniker:in, Werkzeugmechaniker:in)**
  - Modernisiert: 2018
  - Relevanz: Einführung digitaler Arbeitswelt, systemorientiertes Denken, Prozessverständnis und erste IT-Kompetenzen –Grundlagen für Schnittstellen zu Entwicklung, Prototypenbau und digitale Produktion.

- **Industrielle Elektroberufe insgesamt (z. B. Betriebstechnik, Geräte und Systeme)**
  - Letzte Modernisierung: 2018
  - Begründung: Enthalten digitale Schlüsselqualifikationen, Umgang mit Feldbussystemen, IoT-Komponenten, Datenanalyse, IT-Sicherheit etc.
  - Besonderheit: Teilweise noch stärkere Ausrichtung auf Betrieb als auf Entwicklung – aber Anschlussfähigkeit vorhanden.

- **Kfz-Mechatroniker:in – System- und Hochvolttechnik**
  - Letzte Modernisierung: 2013 (Teilnovellierungen laufend)
  - Begründung: Erweiterung um Hochvolt-Kompetenz, softwarebasierte Diagnostik, E-Mobilität. Jedoch noch weniger konsequent systemisch als in den Industrieberufen.
  - Potenzial: Hoch, aber abhängig von betrieblicher Umsetzung.

Technische Produktdesigner:in (neue Ausbildungsordnung 2011)
  - Begründung: CAD-Systeme, modellbasierte Konstruktion, zunehmende Einbindung in digitale Entwicklungsprozesse – aber noch wenig spezifisch auf vernetzte Systeme ausgerichtet.
  - Potenzial: Mittel, oft abhängig von betrieblicher Einbindung in Engineering.

Die 2018 modernisierten Metall- und Elektroberufe wurden inhaltlich deutlich erweitert und systematisch auf die Anforderungen digitalisierter Produktions- und Entwicklungsprozesse ausgerichtet. Damit entstanden neue Anknüpfungspunkte zur Arbeit im Engineering – insbesondere in der Schnittstelle von Entwicklung, Fertigung und Inbetriebnahme, die bisher allerdings häufig nicht genutzt werden.

Was ist neu?

- **Systemkompetenz**: Die Ausbildung vermittelt verstärkt ein ganzheitliches Verständnis technischer Systeme – von der Planung über die Montage bis zur Fehleranalyse.
- **Digitalisierung**: Inhalte zu vernetzten Systemen, Sensorik, Steuerungstechnik und digitalen Tools (z. B. CAD, Simulation, Datenanalyse) sowie IT-Sicherheit, digitale Kommunikation und Dokumentation sind fest verankert.
- **Prozessorientierung**: Die Auszubildenden lernen, Abläufe zu analysieren, Prozesse zu verbessern und technische Änderungen umzusetzen.
- **Projektarbeit und Agilität**: Lernfelder wie Projektarbeit, Teamarbeit und Kommunikationsfähigkeit fördern die Zusammenarbeit in agilen und bereichsübergreifenden Teams

IT-Berufe

Die Neuordnung der IT-Berufe erfolgte 2020. Die Berufe wurden inhaltlich modernisiert und stärker auf Daten, Sicherheit und systemische Zusammenhänge ausgerichtet. Für das Engineering sind insbesondere diese Berufe relevant:

- **Fachinformatiker:in für Anwendungsentwicklung**
  - Einsatz z. B. bei der Entwicklung von Engineering-Tools, Simulationsumgebungen oder Prüfsoftware
  - Kompetenzen in Programmiersprachen, Schnittstellen und benutzerzentrierter Entwicklung

- **Fachinformatiker:in für Daten- und Prozessanalyse**
  - Auswertung von Test- und Entwicklungsdaten
  - Prozessoptimierung durch Data Mining / Statistik
  - Unterstützung bei der Implementierung KI-gestützter Systeme

- **Fachinformatiker:in für Systemintegration**
  - im Aufbau und Betrieb komplexer IT-Systeme in vernetzten Produktions- und Entwicklungsumgebungen

Die dualen IT-Berufe ergänzen die klassischen Technikberufe – und könnten entscheidend dazu beitragen, Lücken zwischen Software-Logik und technischer Systemwelt zu schließen.

Was bedeutet das für das Engineering?

Die modernisierten dualen Berufe – einschließlich der IT-Berufe – eröffnen neue Möglichkeiten, Fachkräfte stärker und gezielter in Engineering-Prozesse einzubinden:

- Unterstützung in frühen Phasen: Qualifizierte Fachkräfte können z. B. im Prototypenbau, bei der Testvorbereitung, der Datenanalyse oder der Umsetzung technischer Änderungen eingesetzt werden – auch in agilen Entwicklungsteams.
- Stärkung der Durchgängigkeit: Sie können als Brücke zwischen Entwicklung, Versuch und Produktion agieren – besonders dort, wo Systeme iterativ angepasst, digital dokumentiert und validiert werden müssen.
- Höheres Nutzungspotenzial: Die erweiterten Kompetenzen – insbesondere in den IT-Berufen – erlauben es, bestimmte Aufgaben zu de-akademisieren: etwa bei der Parametrierung, bei der Aufbereitung technischer Daten, im Umgang mit Testsoftware oder in der Systemintegration.
- Erweiterte Entwicklungspfade: Mit gezielter Weiterbildung (z. B. zum Prozessmanager, Techniker oder durch Zusatzqualifikationen in Bereichen wie KI, Automatisierung oder Systemanalyse) lassen sich neue Laufbahnen für Fachkräfte aufbauen, die auch anspruchsvolle Entwicklungsaufgaben einschließen.

Es bieten sich damit Chancen, Facharbeit im Engineering neu zu verankern. Voraussetzung ist jedoch ein bewusstes Personal- und Weiterbildungskonzept, das diese Potenziale betriebsseitig aktiviert.

Zum Weiterlesen

- BiBB (2018). Industrielle Elektroberufe, Mechatroniker und Mechatronikerin. Ausbildung gestalten, Bonn. URL: https://bibb-dspace.bibb.de/rest/bitstreams/d3e16c25-44f6-4fdf-ad31-ac21a010f3d3/retrieve
- BiBB (2018). Industrielle Metallberufe. Ausbildung gestalten, Bonn. URL: https://bibb-dspace.bibb.de/rest/bitstreams/068c96fb-fc1c-4e92-9054-ec67c01bb34c/retrieve
- BiBB (2020): Umsetzungshilfen zu den IT-Berufen URL: https://www.bibb.de/de/127913.php

7.2 Das Ingenieurstudium unter Transformationsdruck

Durch technologische Innovationen, die zunehmende Komplexität moderner Fahrzeuge und weitere Transformationstrends haben sich die automotive-relevanten Studiengänge weiterentwickelt und teils grundlegend verändert. Traditionell umfasst das Ingenieurstudium im Automotive-Bereich eine Vielzahl von Grundlagenfächern, die für das Verständnis technischer Zusammenhänge unerlässlich sind. Dazu gehören insbesondere Fahrzeugtechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik. Diese Fächer bilden das Fundament, auf dem das technische Wissen aufbaut. Neben diesen

klassischen Inhalten haben sich in den letzten Jahren weitere Lehrinhalte etabliert, die den veränderten Anforderungen der Automobilindustrie gerecht werden sollen: Der zunehmende Einsatz elektronischer Elemente im Fahrzeug, die Digitalisierung mit grundlegenden Veränderungen von der Entwicklung über die Produktion bis hin zur Wartung von Fahrzeugen, die Anforderungen an alternative Antriebe und nachhaltige Prozesse sowie die zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen.

7.2.1 Neue Herausforderungen – neue Profile: Wie sich das Ingenieurstudium verändert

Inhalte und Zielsetzungen des Studiums verändern sich grundlegend – über klassische Fachgrenzen hinweg. Es bewegt sich im Spannungsfeld zwischen technischer Spezialisierung und systemischer Breite, zwischen klassischen Disziplinlogiken und neuen Anwendungsfeldern, zwischen stabilen Berufsbildern und sich wandelnden Kompetenzprofilen.

Technologischer Wandel: Digitalisierung, CPS und erste Schritte in Richtung smarter Systeme

Die Digitalisierung und die zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen verändern die technologische Basis des Engineerings grundlegend – und mit ihr die Anforderungen an die Studieninhalte. Ein aktueller Entwicklungsschwerpunkt ist die Betrachtung des Fahrzeugs als cyber-physisches System, in dem der Mensch mit dem computergestützten (cyber) Fahrzeug interagiert. Dabei werden bekannte Themen wie Kommunikationstechnologien, künstliche Intelligenz, autonomes und vernetztes Fahren in einer neuen Konstellation zusammengeführt.

Zwar finden sich in vielen Studiengängen bereits Inhalte zu Softwareentwicklung, Datenanalyse und Kommunikationstechnologien. Doch die übergreifende Systemlogik smarter, kontextsensitiver und (teil-)autonomer Systeme – sowie deren gesellschaftliche Einbettung – ist bislang nur punktuell im Curriculum verankert. Smarte Systeme markieren damit eine inhaltliche und didaktische Herausforderung, die erst in Ansätzen systematisch adressiert wird.

Nachhaltigkeit: Vom Randthema zum strategischen Bildungsziel

Nachhaltigkeit entwickelt sich zunehmend von einem ergänzenden Modul zu einem integralen Bestandteil ingenieurwissenschaftlicher Bildung – auch im Bereich Automotive. Die Anforderungen an emissionsarme Mobilitätslösungen, ressourcenschonende Produktionsprozesse und zirkuläre Wertschöpfungsketten verändern nicht nur die Technologien, sondern auch die Perspektiven, mit denen Studierende auf technische Lösungen blicken.

In vielen Studiengängen halten Themen wie Life Cycle Thinking, Circular Economy, nachhaltiges Energiemanagement oder Umweltfolgenabschätzung Einzug. Zunehmend werden auch die Zielkonflikte zwischen technischer Machbarkeit, ökologischer Tragfähigkeit und ökonomischem Druck thematisiert. Dennoch ist die Umsetzung an vielen Hochschulen noch heterogen: Während einige Studiengänge Nachhaltigkeit als Querschnittsthema systematisch integrieren, bleibt es andernorts auf spezifische Wahlmodule beschränkt.

Die Herausforderung besteht darin, Nachhaltigkeit nicht nur als technisches Optimierungsziel, sondern als gestalterische Querschnittsaufgabe zu begreifen – und entsprechend breit im Curriculum zu verankern.

Disziplinübergreifendes Arbeiten: Interdisziplinarität als Schlüsselkompetenz

Die zunehmende Komplexität technischer Systeme verlangt ein Umdenken auch in der Organisation von Wissen. Interdisziplinarität hat im Studium der Ingenieurwissenschaften, insbesondere im Automobilbereich, erheblich an Bedeutung gewonnen. Ingenieure müssen nicht nur über fundierte Kenntnisse in ihrem eigenen Fachgebiet verfügen, sondern auch die Fähigkeit entwickeln, effektiv mit Experten aus anderen Disziplinen zusammenzuarbeiten. Diese Querschnittskompetenz ermöglicht es ihnen, Probleme ganzheitlich zu betrachten und innovative Lösungen zu entwickeln, die Mechanik, Elektronik, Informatik, aber auch andere Disziplinen wie Umweltwissenschaften verbinden.

Ökonomie und Kostenbewusstsein: Betriebswirtschaftliche Kompetenzen im Kommen

Die Automobilindustrie ist in besonderem Maße globalisiert und von intensivem Wettbewerb geprägt. Um wettbewerbs- und marktfähige Produkte entwickeln zu können, werden ökonomische Kenntnisse für Ingenieure immer wichtiger. Ein Wandel hin zu Design-to-Cost-Ansätzen zeigt, dass wirtschaftliche Überlegungen bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung integriert werden müssen, um effiziente und kostengünstige Lösungen zu gewährleisten.

Überfachliche Kompetenzen: Kommunikation, Teamarbeit und Globalisierung

Neben technischen und ökonomischen Anforderungen gewinnen auch soziale und überfachliche Kompetenzen an Bedeutung. Die beschriebenen Veränderungen der Lehrinhalte in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen haben erhebliche Auswirkungen auf die fachübergreifenden Anforderungen an zukünftige Ingenieure. Die Globalisierung der Automobilindustrie erfordert von Ingenieuren interkulturelle Kompetenz und die Fähigkeit zur internationalen Zusammenarbeit. Im Zusammenhang mit interdisziplinärem Arbeiten gewinnen Soft Skills wie Kommunikation, Teamarbeit und Projektmanagement zunehmend an Bedeutung. Auf universitärer Ebene können diese durch Gruppen- und Projektarbeit gefördert werden.

Arbeitsgestaltung als ingenieurwissenschaftliche Kompetenz: Technik im Dienst guter Arbeit

Mit der zunehmenden Digitalisierung, Automatisierung und Systemintegration verändert sich nicht nur die Technik, sondern auch die Art und Weise, wie gearbeitet wird. Damit rückt die Fähigkeit, Arbeit menschengerecht zu gestalten, wieder verstärkt in den Fokus ingenieurwissenschaftlicher Bildung. Ingenieur:innen sind heute mehr denn je gefordert, technische Lösungen nicht nur funktionsfähig, sondern auch lernförderlich, beteiligungsorientiert und gesundheitsgerecht zu entwickeln. Arbeitsgestaltung wird so zu einer zentralen Querschnittsaufgabe – etwa bei der Einführung digitaler Assistenzsysteme, der Auslegung neuer Produktionsumgebungen oder der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen.

Gestaltung, Ethik und Verantwortung: Eine offene Baustelle im Curriculum

Die Transformation stellt Studiengänge vor die Herausforderung, nicht nur neue Technologien zu integrieren, sondern auch gesellschaftliche, gestalterische und ethische Fragen systematisch mitzudenken. Gemeint ist damit nicht nur die technische Ausgestaltung von Produkten, sondern die aktive Mitwirkung an der Entwicklung von Technologien, die gesellschaftlich tragfähig, transparent und verantwortungsvoll sind.

Ein zentrales Thema sind dabei neue Anforderungen an technische Verantwortung – etwa im Umgang mit vernetzten Systemen, datenbasierter Steuerung oder KI-gestützten Entscheidungen. Gestaltung bedeutet in diesem Zusammenhang, Technik nicht nur effizient umzusetzen, sondern sich auch mit ihren gesellschaftlichen Wirkungen, Zielkonflikten und möglichen Nebenfolgen auseinanderzusetzen.

Zwar zeigen sich erste Ansätze eines erweiterten Verantwortungsverständnisses – jenseits rein technischer Funktionalität –, doch bleiben klare Konzepte und institutionelle Verankerung bislang die Ausnahme. Auch das Studium steht erst am Anfang, diese Dimension systematisch aufzugreifen: Fragen nach den gesellschaftlichen Folgen technischer Innovationen, nach dem Umgang mit ethischen Dilemmata (z. B. bei autonomen Systemen) oder nach Kriterien für umweltverträgliche Entscheidungen werden bisher nur punktuell behandelt.

Dabei wächst der Bedarf an Ingenieur:innen, die nicht nur technisch exzellent arbeiten, sondern auch mit Blick auf gesellschaftliche Anforderungen gestalten können – vorausschauend, verantwortungsbewusst und im Dialog mit anderen Disziplinen.

7.2.2 Innovative Studiengänge im Automotive-Engineering

Das Spektrum der Studiengänge im Bereich Automotive Engineering reicht von eher klassischen technischen Studiengängen bis hin zu Studiengängen, die aktuelle Trends in den Mittelpunkt ihrer Lehrinhalte stellen. Studiengänge, die aktuelle Transformationsthemen adressieren.

Auswahl innovativer Automotive-Studiengänge

Studiengang	Hochschule	Inhalte	Link
B.Eng. Nachhaltige Fahrzeug- und Antriebstechnik	HS Coburg	Umweltgerechte Fahrzeugkonzepte, regenerative Kraftstoffe, Produktentwicklung	Link
B.Eng. Intelligente Mobilitätssysteme	HTWG Konstanz	Informatik, Elektrotechnik, autonomes Fahren	Link
B.Eng. Smart Vehicle Systems	Ostfalia	Autonome Systeme, Elektromobilität, Mobilitätskonzepte im Aftersales	Link
M.Eng. Engineering and Sustainable Technology Management in Mobility and Automotive Industry	SRH Berlin	Nachhaltiges Technologiemanagement, KI, PLM, Circular Economy, Cyber-Security	Link
M.Eng. Automotive Systems Engineering	HS Heilbronn	Systementwicklung, vernetzte Systeme, Fahrerassistenzsysteme, Funktionale Sicherheit, Embedded Systems	Link
Die Links wurden zuletzt aufgerufen am 26.05.2025.			

Studiengang	Hochschule	Inhalte	Link
M.Eng. International Automotive Engineering	TH Ingolstadt	Systementwicklung, Fahrzeugmechatronik, Embedded Systems, Software, Systemintegration, internationale Entwicklungsprozesse	Link
M.Eng. Automotive Production Engineering	TH Ingolstadt	Digitale Fertigung, Industrie 4.0, Ressourceneffizienz, Circular Economy, Produktionsplanung und -management	Link
B.Eng. Interdisziplinäre Ingenieurwissenschaften	HS RheinMain	Maschinenbau, Elektrotechnik, Nachhaltigkeit, Systemdenken, Projektarbeit, wissenschaftliche Kommunikation	Link
Die Links wurden zuletzt aufgerufen am 26.05.2025.			

7.2.3 Kooperationsstudiengänge

Viele Hochschulen bieten Kooperationsstudiengänge mit Unternehmen der Automobilbranche an, die eine enge Verzahnung von Theorie und Praxis ermöglichen. Ein prominentes Beispiel ist das Kooperationsmodell zwischen der Technischen Universität München (TUM) und BMW. Im Rahmen dieses Programms haben Studierende die Möglichkeit, ihre akademische Ausbildung durch Praktika und Projektarbeiten bei BMW zu ergänzen. Ähnlich gestaltet sich die Kooperation zwischen der Hochschule Esslingen und der Daimler AG. Im Studiengang *Fahrzeugtechnik (B.Eng.)* an der TH Ingolstadt haben Studierende ebenfalls die Möglichkeit, ein duales Studium zu absolvieren. Im Rahmen eines dualen Studiums wechseln sich theoretische Studienphasen an der Hochschule und Praxisphasen im Unternehmen ab. Diese kooperativen Studiengänge bieten den Vorteil, dass die Studierenden in reale Projekte eingebunden sind und so ihr theoretisches Wissen direkt in der Praxis anwenden können. Darüber hinaus werden durch die Einbindung in das Unternehmen relevante Soft Skills wie Teamarbeit, Projektmanagement und Problemlösungskompetenz gefördert, die den Absolventen den Einstieg in den Arbeitsmarkt erleichtern sollen.

Zugleich werfen solche Programme aber auch Fragen auf: Dominiert hier eine kurzfristige Verwertungslogik des Unternehmensalltags? Oder werden auch Zukunftskompetenzen wie Nachhaltigkeit, gesellschaftliche Verantwortung und andere Innovationsthemen im erforderlichen Maße adressiert, so dass sie über den Tag hinaus wirken können? Gerade bei Kooperationsstudiengängen mit starkem Praxisanteil besteht die Herausforderung für Hochschule und Unternehmen darin, über den aktuellen Bedarfen eines einzelnen Unternehmens hinauszudenken und das Studium so auszurichten, dass es nicht nur passgenau auf aktuelle Aufgaben vorbereitet, sondern junge Fachkräfte befähigt, den Wandel aktiv mitzugestalten.

7.2.4 Akademische Weiterbildung

Die Hochschulen sind ein zentraler Ort der akademischen Weiterbildung für Erwerbstätige. Diese umfasst in der Regel spezialisierte Masterstudiengänge, Zertifikatsprogramme oder kurzzeitige Weiterbildungen. Dazu zählen insbesondere spezialisierte Masterstudiengänge, aber auch Zertifikatsformate und modulare Kurzprogramme. Ein Beispiel hierfür ist der berufsbegleitende Masterstudiengang »Elektromobilität und Transformation in der Automobilbranche« an der RWTH Aachen, der speziell für berufstätige Ingenieure in der Automobilindustrie konzipiert wurde. An der Hochschule Esslingen können berufstätige Ingenieure den Masterstudiengang »Automotive Systems« absolvieren, der darauf abzielt Kenntnisse in den Bereichen Fahrzeugsysteme und -technologien

zu vertiefen. Darüber hinaus gibt es Kooperationsprogramme wie das »Digital Transformation Training« der Hochschule Ingolstadt und Audi, das sich gezielt an Ingenieure und technische Fachkräfte von Audi richtet. Es umfasst die Themen Digitale Transformation, Big Data, Künstliche Intelligenz und Elektromobilität.

7.2.5 Ingenieurstudium im Wandel: Fortschritte, aber auch strukturelle Lücken

Ein Blick in die Hochschullandschaft zeigt, dass viele Hochschulen aktuelle Trends in ihre Studiengänge integrieren oder sogar neue Studiengänge akkreditieren. Insbesondere im Bereich Automotive profitieren die Studierenden von engen Kooperationen mit der Industrie. Viele Hochschulen bieten spezialisierte berufsbegleitende Masterstudiengänge und Zertifikatsprogramme an, die Ingenieure der Automobilbranche auf aktuelle Herausforderungen wie Elektromobilität und Digitalisierung vorbereiten.

Rückstand bei Digitalen Kompetenzen

Gerade im Bereich der Digitalisierung klafft jedoch eine Lücke zwischen den benötigten Fachkompetenzen und den im Studium vermittelten Inhalten. In einer Studie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) aus dem Jahr 2019 gaben ehemalige Studierende der Ingenieurwissenschaften an, dass sie in den ersten drei Jahren ihrer Berufstätigkeit vor allem digitale Kompetenzen im Bereich Informatik und Technik (z. B. Einsatz von IT-Tools) benötigen. Gleichzeitig gaben über 40 % der Befragten an, dass sie sich in diesen beiden Bereichen eher nicht gut oder sogar schlecht vorbereitet fühlen.

Obwohl 78 % der befragten Hochschulen angaben, dass die digitale Transformation Teil der expliziten Hochschulstrategie ist, besteht eine Diskrepanz zwischen der hohen Innovationsbereitschaft und der tatsächlichen Umsetzungsfähigkeit. Diese ist laut VDI vor allem auf einen Mangel an geeignetem Personal und entsprechender räumlicher Ausstattung zurückzuführen.

Insbesondere IT-Technologien und Tools gelten als besonders schnelllebig und die Aktualisierung der Curricula kann mit diesen Entwicklungen oft nicht Schritt halten. Zudem fehlt es an Praxisbezug, in dem reale Werkzeuge erprobt werden können. Praxisorientierte Projekte und Kooperationen mit Unternehmen können Einblicke in die Arbeitsrealität und damit Rückschlüsse für die Curriculumsentwicklung geben.

Interdisziplinäre Kompetenz und Arbeitsgestaltungskompetenz noch ausbaufähig

Darüber hinaus betont der VDI die Notwendigkeit einer verstärkten interdisziplinären Zusammenarbeit mit den Geistes- und Sozialwissenschaften in den Ingenieurwissenschaften, insbesondere im Hinblick auf die Bewältigung weitreichender gesellschaftlicher Veränderungen. Fast 80 % der Ingenieurabsolventen geben an, dass sie sich nicht gut bis schlecht auf gesellschaftliche Themen vorbereitet fühlen. Hier besteht noch Raum für die Weiterentwicklung inter- und transdisziplinären Arbeitens an den Hochschulen.

Die Integration von Arbeitsgestaltungskompetenz in ingenieurwissenschaftliche Studiengänge ist seit den 1980er-Jahren ein wiederkehrendes Thema in der Hochschuldidaktik und Arbeitsforschung. Trotz zahlreicher Initiativen bleibt die systematische Verankerung dieser Kompetenz im Curriculum

vieler Ingenieurstudiengänge bislang unzureichend. Die mangelnde Integration von Arbeitsgestaltungskompetenz in Ingenieurstudiengänge führt dazu, dass Absolvent:innen oft unzureichend auf die Gestaltung menschengerechter Arbeitsprozesse vorbereitet sind. Dies ist besonders kritisch im Kontext der digitalen Transformation und der Einführung neuer Technologien, die erhebliche Auswirkungen auf Arbeitsbedingungen und -prozesse haben. In einzelnen Studiengängen wie »Human Factors, Engineering and Design« an der TU Berlin oder in interdisziplinären Wahlmodulen finden sich entsprechende Inhalte bereits. Die Herausforderung besteht darin, Arbeitsgestaltung nicht als Ergänzung zu begreifen, sondern systematisch in Curricula zu integrieren.

Internationale Studierende: Potenziale besser nutzen

Darüber hinaus spielt die Internationalisierung der Hochschulen sowie das Interesse internationaler Studierender insbesondere im Bereich Automotive Engineering eine große Rolle. Der Anteil internationaler Studierender in den Ingenieurwissenschaften (inkl. Informatik) ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Im Wintersemester 2023/24 lag er laut vdi bei 25,6%. Für den Bereich Automotive wird dieser Anteil ebenfalls als hoch eingeschätzt, da deutsche Hochschulen und insbesondere der Automotive-Sektor international hohes Ansehen genießen. Dennoch kehren viele Absolventen nach erfolgreichem Abschluss in ihr Heimatland zurück, ohne auf dem deutschen Arbeitsmarkt Fuß gefasst zu haben. Gründe hierfür können sein: bürokratische Hürden (z. B. Visabestimmungen oder Unternehmensgründung), mangelnde Willkommenskultur, deutsche Unternehmenskultur, Lohnfaktoren, Wohnraum, Sprachbarrieren und fehlende soziale Netzwerke. Hier gilt es, die Bleibeperspektiven für die Betroffenen zu verbessern.

Mehr Frauen für MINT gewinnen

Der Frauenanteil in den Ingenieurwissenschaften (incl. Informatik) liegt niedrig bei 25,3% im Jahr 2023 mit nur leicht steigender Tendenz. Der Anteil der Studienanfängerinnen lag bei 27,8% (Quelle: MiNT DataLab). Dies macht die Ingenieurwissenschaften zu der Fächergruppe mit dem deutlich niedrigsten Frauenanteil.

Studien verweisen hier auf unterschiedliche Ursachen:

- kulturelle Stereotype (Technik wird als »männlich« wahrgenommen),
- fehlende weibliche Vorbilder in Ingenieurrollen,
- Erwartungen an die mangelnde Vereinbarkeit von Familie und Beruf,
- geringeres Technik-Selbstvertrauen bei gleicher Kompetenz, auch durch die Techniksozialisation in der Schule.

Ansatzpunkte, das Ingenieurstudium für Frauen attraktiver zu machen, können für Hochschulen z. B. hier liegen:

- Frauen in Ingenieurberufen als Vorbilder sichtbarer machen,
- gesellschaftlicher Relevanz und Anwendungsorientierung (z. B. Nachhaltigkeit, Mobilität) statt nur Technikzentrierung betonen,
- Aufbau von Frauennetzwerken an den Hochschulen,
- Mentoring-Programme,
- Stipendien für Frauen.

Fazit

Die Hochschulen im Bereich Automotive Engineering reagieren auf aktuelle Transformationsthemen wie etwa Elektromobilität, Digitalisierung und nachhaltige Mobilität mit neuen Studiengängen, berufsbegleitenden Formaten und verstärkter Zusammenarbeit mit der Industrie. Gleichzeitig zeigen sich jedoch strukturelle Lücken: Digitale und soziotechnische Fachkompetenzen werden vielerorts nicht ausreichend praxisnah vermittelt, interdisziplinäre und gesellschaftliche Perspektiven sind im Curriculum unterrepräsentiert. Es ist trotz vieler MINT-Initiativen nicht gelungen, den Frauenanteil in den Ingenieurwissenschaften signifikant anzuheben. Auch das Potenzial internationaler Studierender wird nicht vollständig ausgeschöpft. Diese Herausforderungen zeigen: Die Weiterentwicklung des Ingenieurstudiums verlangt mehr als neue Module. Gefordert ist eine grundlegende Neuausrichtung auf die veränderte Rolle von Ingenieur:innen in der Transformation.

7.2.6 Was das für die betriebliche Praxis bedeutet

Die beschriebenen Entwicklungen im Ingenieurstudium haben unmittelbare Auswirkungen auf die betriebliche Realität. Denn die Absolvent:innen innovativer Studiengänge bringen nicht nur neue Fachkenntnisse mit, sondern auch veränderte Denkweisen, interdisziplinäre Perspektiven und Erwartungen an Sinn, Verantwortung und Mitgestaltung. In den Unternehmen treffen sie jedoch häufig auf Führungskräfte und Kolleg:innen, deren Ausbildung stark technisch geprägt und nicht selten viele Jahre zurückliegt. Hier entsteht ein Spannungsfeld: Damit die neuen Kompetenzen nicht verpuffen, sondern wirksam werden können, braucht es Offenheit, Neugier und einen aktiven Lern- und Verständigungsprozess zwischen den Generationen. Die Herausforderung für die betriebliche Praxis besteht darin, die Potenziale der jungen Fachkräfte frühzeitig zu erkennen, gezielt einzusetzen und gleichzeitig strukturelle und kulturelle Barrieren abzubauen, die fruchtbare Kooperation ausbremsen können.

Zum Weiterlesen

- acatech (Hrsg.) (2021) Verantwortung in Unternehmen und Institutionen für eine nachhaltige Technikentwicklung (acatech POSITION), München. https://www.acatech.de/publikation/verantwortung-in-unternehmen-und-institutionen-fuer-eine-nachhaltige-technikentwicklung/?utm_source=chatgpt.com
- Hochschulrektorenkonferenz (2020): Handreichung. Gestaltung eines Fachqualifikationsrahmens in den Ingenieurwissenschaften. https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Handreichung_FQR_Ing_Web_mLinks.pdf
- Hochschulrektorenkonferenz (2019): nexus impulse für die Praxis – Nr. 18: Interdisziplinäre Kompetenzbildung – Fächerübergreifendes Denken und Handeln in der Lehre fördern, begleiten und feststellen. https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/impulseNr.18_InterdisziplinaereKompetenzbildung.pdf
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2019). Ingenieurausbildung für die digitale Transformation. VDI Verlag. https://www.vdi.de/fileadmin/user_upload/VDI-Studie_Ingenieurausbildung_fuer_die_Digitale_Transformation.pdf
- MINT-DataLab. (2023). MINT-DataLab. Analysen, Grafiken und Statistiken rund um MINT. Abgerufen am 24.06.2024, von MINT-DataLab – MINTvernetzt. https://www.mint-vernetzt.de/mint-datalab/
- Rudolf, Ch. (2018): Neue Curricula braucht die Hochschule – Ingenieur*innen zur Arbeitsgestaltung befähigen. In Weidner, R., Karafillidis, A.: Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen. Dritte Transdisziplinäre Koferenz. Hamburg. Technische-Unterstuetzungssysteme-die-die-Menschen-wirklich-wollen-Band-zur-dritten-transdisziplinaeren-Konferenz-2018.pdf

Mehr Reports

Aus der Fallstudienarbeit im Rahmen von transform.by sind insgesamt vier Reports verfügbar. Diese geben einen Überblick zur Situation in den verschiedenen Teilbranchen der bayerischen Automobilindustrie auf Basis der Erkenntnisse in transform.by.

Report Produktion

Direkte und indirekte Bereiche in der Produktion sind für Industrie-unternehmen essenziell, da sie die Produktionsprozesse der Wertschöpfung steuern, überwachen und optimieren. Der Report unter-sucht aktuelle Entwicklungen und Trends ausgewählter produktionsbezogener Tätigkeiten. Er fasst Erkenntnisse aus Fallstudien, Studien, Workshops und Experteninterviews zusammen.

Report Engineering

Das Engineering – lange Zeit der Innovationsmotor der Branche – steht im Brennpunkt der Transformation. Dieser Report zeigt, wie sich Elektrifizierung, Digitalisierung und neue Mobilitätskonzepte auf Prozesse, Rollen und Zusammenarbeit im Engineering auswirken. Er liefert differenzierte Analysen und praxisnahe Impulse – für alle, die Transformation nicht nur managen, sondern mitgestalten wollen.

Report Administration

Wir beleuchten Administrative Tätigkeiten der Automobil- und Zuliefererindustrie wie Auftragsabwicklung, Disposition, Controlling und Personalarbeit. Was sind die Herausforderungen durch Digitalisierung (KI) und neue Formen der Zusammenarbeit? Der Report liefert Impulse für die betriebliche Gestaltung für Führungskräfte und Betriebsräte.

Report Service + Vertrieb

Der Bereich Service + Vertrieb von Kraftfahrzeugen ist entscheidend für die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Produkte und aller Betriebe der Branche. Der Report analysiert die aktuelle Situation in der Branche und zeigt auf, wo die Handlungsfelder liegen, um Gute Arbeit im einzig handwerklich geprägten Tätigkeitsbereich der Automotive-Branche zu gestalten.

Hier geht es zu den PDF-Versionen auf unserer Webseite:

ffw-nuernberg.de