

Tätigkeitsreport

Vorabversion



Gesellschaft für Personal-
und Organisationsentwicklung

– Report Automotive Engineering –



bayern  innovativ



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Transformationstrends im Automotive Engineering.....	4
3	Transformation in der betrieblichen Praxis.....	9
	3.1 OEMs und Zulieferer: Herausforderungen unterschiedlich verteilt.....	10
	3.2 Einstellung auf das Fahrzeug der Zukunft.....	11
	3.3 Umbau des Engineerings.....	14
	3.4 Globalisierung unter neuen Vorzeichen.....	17
	3.5 Agile Engineering.....	22
	3.6 Digitale Transformation.....	28
	3.7 Transformation in der betrieblichen Praxis: Was tun?.....	31
4	Engineering-Kompetenz in der Transformation.....	33
	4.1 Beschäftigte im Automotive Engineering.....	33
	4.2 Kompetenzwandel in der betrieblichen Praxis.....	37
	4.3 Strategische Kompetenzentwicklung im Engineering.....	43
5	Transformation in der Aus- und Weiterbildungslandschaft.....	45
	5.1 Das Ingenieurstudium im Wandel.....	46
	5.2 Berufsbildung in der Transformation.....	49
6	Zum Weiterlesen.....	50

Autoren

Andrea Baukrowitz | ffw GmbH – Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung
 baukrowitz@ffw-nuernberg.de | ffw-nuernberg.de | 0151 / 54 60 91 89

Klara Oeser | ffw GmbH – Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung
 oeser@ffw-nuernberg.de | ffw-nuernberg.de | 0151 / 10 66 37 74

Reihenherausgeber

ffw GmbH – Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung
 Allersberger Straße 185 / F | 90461 Nürnberg

1 Einleitung

Die Automobilindustrie wird aktuell von der vollen Wucht der Transformation erfasst. Klimawandel und daraus abgeleitete Klimaziele, Elektrifizierung sowie die Digitalisierung, die mit KI, Cloud und Big Data einen Sprung macht, stellen bisher erfolgreiche Innovationsstrategien und Geschäftsmodelle in Frage. Dies bedeutet dabei nicht unbedingt von Jetzt auf Gleich, verweist aber darauf, dass ein radikaler Richtungswechsel notwendig wird.

Ein fundamentaler Umbau der Branche zeichnet sich bereits ab: Tech-Unternehmen engagieren sich verstärkt in der Automobilbranche. In China entstehen rund um das Thema Elektromobilität neue Unternehmen, die in zentralen Aspekten zu Vorreitern werden. Sie nutzen das Momentum der Elektrifizierung und konsequenten Orientierung auf die Digitalisierung, um sich mit ihren innovativen Produkten und Services auf dem Markt zu platzieren. Sie setzen damit neue Benchmarks hinsichtlich Kundenorientierung, Flexibilität und Time-to Market.

Die deutsche Automobilbranche sieht sich aktuell gefordert, sich im laufenden Betrieb auf diese strukturellen Herausforderungen einzustellen. Wettbewerbsstrategien in einem Markt mit neuen Wettbewerbern und Spielregeln, Geschäftsmodelle rund um neue Mobilitätskonzepte und das Ziel, sehr schnell den digitalen Reifegrad ihrer Produkte und Services sowie der Entwicklungs- und Produktionsprozesse zu erhöhen stehen dabei auf der Tagesordnung.

Das Automotive Engineering in Deutschland galt lange Zeit als Innovationsführer. Hersteller und Zulieferer investieren traditionell sehr stark in Forschung und Entwicklung und verfolgen dabei in engen Kooperationen erfolgreiche mittel- und langfristige Innovationspfade. Viele technologische Durchbrüche, die heute als Standard in der Automobilindustrie gelten, haben so ihren Ursprung in deutschen Unternehmen. Das deutsche Ingenieurwesen und komplementär dazu das duale Ausbildungssystem, das Facharbeiter auf hohem Niveau qualifiziert und eine enge Verknüpfung von Theorie und Praxis ermöglicht, galten als Garant für hohe Qualitätsstandards und Präzision und setzten damit Benchmarks, an denen sich Märkte und Wettbewerber orientierten.

Die Erwartungen an das Engineering sind entsprechend hoch, auch unter den Bedingungen der Transformation Innovationen zu generieren, sehr schnell zur Marktreife zu bringen und in Kundenprojekten umzusetzen.

Im Projekt transform.by haben wir nach den Herausforderungen der Transformation für das Automotive Engineering gefragt. Die Transformationsthemen, die Unternehmen und Beschäftigte aktuell bewegen, werden – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – in diesem Report zum Automotive Engineering in überbetrieblicher Perspektive ausgewertet und zur Diskussion gestellt. Er richtet sich an betriebliche und überbetriebliche Akteure, die die Zukunft des Automotive Engineerings mitgestalten und dabei die Rolle der Menschen, ihres Engagements und ihrer Kompetenzen im Blick haben. Eingeflossen sind dabei Fallstudien in der bayrischen Automobilindustrie, Expertengesprächen sowie weitere Recherchen zu transformationsrelevanten Themen in Wissenschaft und Praxis.

Zum Inhalt

Zunächst skizzieren wir die Transformationstrends im Automotive Engineering. Dabei geht es nicht in erster Linie um die technologischen Innovationsfelder, die bei Analysen zur Branche häufig im Zentrum stehen. Im Vordergrund stehen vielmehr Veränderungstreiber und damit verbundene Trends, die auf einen strukturellen Wandel des Fahrzeugs, der damit verbundenen Innovationsprozesse sowie der Organisation von Prozessen und Arbeit im Engineering verweisen.

In der betrieblichen Praxis treffen diese Transformationstrends auf sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen. Das Transformationsgeschehen stellt sich entsprechend komplex und unübersichtlich dar. In Kapitel 3 stehen Erkenntnisse zur Transformation in der Praxis und die Folgen für die Engineering-Beschäftigten im Zentrum.

In Kapitel 4 geht es um Kompetenzentwicklung. Die Transformation des Automotive Engineering geht mit einem strukturellen Wandel der Kompetenzen der Beschäftigten sowie der Anforderungen an Personalentwicklung, Weiterbildung und Ausbildung einher. Sie sind gefordert, diesem dynamischen und mit anderen Transformationsthemen verzahnten Wandel mit neuen Vorgehensweisen und Instrumenten zu begegnen.

Kapitel 5 gibt einen Überblick über Lösungsansätze in der Aus- und Weiterbildungslandschaft. Hochschulen und Berufsbildung stellen sich auf die Herausforderungen der Transformation ein.

2 Transformationstrends im Automotive Engineering

Transformation in der Automobilindustrie geht weit über die Umstellung auf den Elektroantrieb hinaus. Zu Beginn (Ende 2022) trafen wir in unseren Untersuchungen in Unternehmen noch auf Einschätzungen wie »Unser Produkt ist nicht vom Verbrenner abhängig. Transformation ist bei uns kein Thema!«. Doch heute wird auch in diesen Unternehmen zunehmend deutlich: Die Veränderungstreiber, für die aktuell Lösungen gefunden werden müssen, um akute Probleme anzugehen und auch weiterhin wettbewerbsfähig zu sein, gehen weit darüber hinaus.

Im Folgenden werden die aus unserer Sicht zentralen Transformationstrends skizziert, mit denen sich insbesondere das Engineering aktuell auseinandersetzen muss. Hier sind Erkenntnisse aus unseren Fallstudien sowie weitere Rechercheergebnisse etwa im Umfeld von Unternehmensberatungen¹ eingeflossen, die ähnliche Systematiken, wenn auch mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen, verwenden. Unser Anliegen hier war es, Transformationstrends in der Entwicklungsarbeit ins Zentrum zu stellen.

1 Ein Beispiel: Mc Kinsey (2022): Smartphone on Wheels (<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/smartphones-on-wheels-new-rules-for-automotive-product-development>)

Von einfachen mechanischen bzw. mechatronischen Systemen zu komplexen smarten Systemen

Auf dem Weg zum Fahrzeug der Zukunft sind Electric Drive, Autonomous Driving & ADAS sowie Infotainment & Connectivity, Interieur sowie EV-Ecosystems zentrale Innovationsfelder². In ihnen muss eine Vielzahl von Einzelinnovationen vorangetrieben oder adaptiert werden, um mit neuen Geschäftsmodellen und innovationsstarken Entwicklungsstandorten wirtschaftlichen Erfolg und berufliche Perspektiven in der Entwicklung zu sichern.

Bewegt man sich gedanklich in diesen technologisch gefassten Innovationsfeldern, so kann man leicht einen entscheidenden Aspekt übersehen: nämlich dass in der Gesamtsicht ein tiefgreifender struktureller Wandel stattfindet, in dem sich das Fahrzeug als Gesamtsystem verändert (systemischer Wandel)³.

Denn historisch gesehen ist das Fahrzeug ein relativ einfaches mechanisches System, das primär physische Mobilität ermöglichen sollte. Dies spiegelt sich bis heute in den Denkweisen, Organisationsstrukturen, Prozessen und auch in den Kompetenzen vieler Mitarbeiter wider. Mit den oben skizzierten Innovationstrends befindet sich das Fahrzeug nun auf dem Weg hin zu einem hochkomplexen »smarten« System⁴, das über seine Software und Konnektivität tief in soziotechnische Systeme integriert ist. Der damit verbundene Veränderungsdruck auf die Branche ist zwar mittlerweile in vielen Köpfen angekommen, allerdings zumeist eher abstrakt. Die Befürchtung, dass es Automobilherstellern und auch Zulieferern heute so gehen könnte wie damals einigen Herstellern von Mobiltelefonen, die den Paradigmenwechsel hin zum Smart Phone nicht rechtzeitig erkannt haben, war in vielen Interviews präsent, ohne dass wir den Eindruck hatten, dass damit konkrete Herausforderungen verbunden wurden.

Relativ leicht erschließt sich dieser strukturelle Wandel auf der Seite der **Hardware**, insbesondere bei Elektrofahrzeugen. Das Fahrzeug gruppiert sich rund um Batterie sowie elektrische Antriebsstränge. Der traditionelle Verbrennungsmotor mit seinen komplexen mechanischen Systemen wie Kolben, Kurbelwelle, Getriebe und Abgasanlage entfällt. Stattdessen kommt ein Elektromotor zum Einsatz, der wesentlich einfacher aufgebaut ist, mit weniger beweglichen Teilen. Alle weiteren Komponenten und Teilsysteme sind an neuen funktionalen Anforderungen, Platznutzungskonzepten sowie Materialanforderungen ausgerichtet. Theoretisch leicht zu erfassen – in der Praxis allerdings Quelle vielfältiger Probleme. Denn es sind gerade diese grundlegenden Vorstellungen davon, wie das Fahrzeug physisch beschaffen ist und aussieht, wo Teile verbaut werden, welche Form sie haben müssen und weiteres, die zum gemeinsam geteilten impliziten Wissen gehört, über das in der Zusammenarbeit nicht mehr geredet wird. Wir haben von einer Vielzahl schmerzhafter Erfahrungen gehört, dass diese Gewissheiten heute nicht mehr gelten.

2 Vgl. <https://auto-institut.de/category/automotiveinnovations/>

3 Vergleichbare Entwicklungen zeigen sich auch in anderen Industriebranchen wie dem Anlagen- und Maschinenbau oder der Elektroindustrie. Die Initiative »Advanced Systems Engineering« (ASE) zielt darauf ab, Unternehmen in die Lage zu versetzen, komplexe soziotechnische Systeme effizient zu entwickeln und schnell zum nachhaltigen Markterfolg zu führen. (Albers et al. 2022)

4 Zur Definition siehe Abramovici/Herzog (2016)

Komplex wird der strukturelle Wandel, wenn man auf die aktuelle Weiterentwicklung von Elektronik und Software im Fahrzeug schaut. Hier hat das Fahrzeug bereits mehrere Evolutionsstufen absolviert:

- Einbau mechatronischer Systeme zur Steuerung einzelner Fahrzeugkomponenten wie ABS oder elektronische Stabilitätsprogramme,
- Intelligente Mechatronische Systeme: Erweiterung durch Sensoren und Aktoren, die eine adaptive Reaktion auf Umweltbedingungen ermöglichen, beispielsweise automatische Abstandsregelung.
- Cyber-Physische Systeme (CPS): Vernetzung der intelligenten Systeme mit externen Datenquellen und anderen Fahrzeugen, um Informationen in Echtzeit auszutauschen und koordiniert zu agieren.
- Smarte Systeme: Integration von Internet Services, Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen, wodurch Fahrzeuge eigenständig Entscheidungen treffen können und in verschiedene soziotechnische Systeme eingebettet sind.

Diese Entwicklung ist für das Engineering mit weitreichenden Anforderungen an Methodeneinsatz und Prozesse verbunden, die bereits seit einiger Zeit unter dem Stichwort »Systems Engineering« diskutiert werden⁵.

Der Übergang zum Fahrzeug als CPS oder Smart System wird durch einen Wandel der sogenannten E/E-Architektur (Elektrik/Elektronik-Architektur) begleitet. Die bisher gängigen dezentralen Architekturen mit zahlreichen verteilten Steuergeräten stoßen aktuell an ihre Grenzen. Die Komplexität, die so entstanden ist, ist kaum noch beherrschbar und neue Anforderungen etwa im Kontext Elektrifizierung, Autonomes Fahren und Vernetzung lassen sich nicht bewältigen sind. Gegenwärtig von verschiedenen Seiten an einer neuen E/E-Architektur gearbeitet. Sie soll die bisherige dezentrale E/E-Architektur auf Basis dedizierte Steuerungsgeräte für Komponenten und Funktionen ablösen. Automobilhersteller, Systemzulieferer wie Bosch und Technologieunternehmen investieren aktuell in diese Schlüsselinnovation, um sie auf ihre spezifischen Bedürfnisse und strategischen Ziele zuzuschneiden. Damit verändert sich die Architektur vor allem softwareseitig noch einmal grundlegend. Für alle beteiligten Disziplinen – auch für die Softwareentwickler – entsteht die Anforderung, ihre Zusammenarbeit zu intensivieren und ein neues gemeinsames Systemverständnis zu entwickeln, um die Komplexität moderner E/E-Architekturen zu bewältigen. Dies erfordert ein tiefes Verständnis der gesamten Systemarchitektur, einschließlich der Interaktionen zwischen Hardware und Software, um effektiv zur Entwicklung und Integration neuer Funktionen beitragen zu können

Traditionell wurde das Fahrzeug als ein relativ isoliertes technisches System betrachtet, das primär physische Mobilität ermöglicht. Als »**Connected Car**« wird das Fahrzeug jedoch eingebettet in soziotechnische Netzwerke: Entwicklung, Regulierung, Produktion, Vertrieb, Wartung und Reparatur, Servicenutzung, Mobilität und andere werden mit der Digitalisierung zu soziotechnischen Systemen, in denen das Fahrzeug in Echtzeit Daten austauscht. Für Fahrzeuge werden so völlig neue Dimensionen von Einsatzmöglichkeiten, Kundennutzen und Funktionalitäten erschlossen, auf die sich Unternehmen mit datenbasierten Geschäftsmodellen und der Integration neuer Dienstleistun-

⁵ Dazu: Alberst et al. (2022)

gen einstellen (müssen). Die Systemabgrenzung des Fahrzeugs wird durch die Ausdifferenzierung der Nutzungskontexte zunehmend dynamischer, flexibler und kontextabhängiger.

Diese Erweiterung und Fluidität der **Systemgrenzen** sowie die Komplexität der **Wechselwirkungen** verändert auch Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten. Fragen der Datensicherheit, des Datenschutzes, der Haftung und der ethischen Implikationen müssen neu betrachtet werden. Die Verantwortung für bestimmte Funktionen und deren Auswirkungen liegt nicht mehr allein beim Fahrer oder Hersteller, sondern verteilt sich auf ein Netzwerk von Beteiligten. Die Integration von KI und automatisierten Systemen verändert ebenfalls die Systemabgrenzung. Das Fahrzeug trifft zunehmend eigenständige Entscheidungen, die auf Echtzeit-Daten und maschinellem Lernen basieren.

Insgesamt erfordert die veränderte Systemabgrenzung des Fahrzeugs eine Anpassung der Entwicklungsarbeit hin zu einem **interdisziplinären, benutzerzentrierten und ganzheitlichen Ansatz**. Entwickler müssen flexibel und agil auf die sich wandelnden Anforderungen reagieren und dabei sowohl technische als auch soziale, rechtliche und ethische Aspekte berücksichtigen. Die Entwicklung von Fahrzeugen wird somit komplexer und erfordert ein tieferes Verständnis für die Interaktion zwischen Technologie, Mensch und Gesellschaft.

Von Hardware First zu Software First

Traditionell gilt in der Automobilindustrie Hardware First: die mechanische und elektrische Hardware steht im Mittelpunkt der Fahrzeugentwicklung. Hierbei konzentrieren sich die Entwickler auf die Optimierung von Motoren, Getrieben, Karosserien und anderen physischen Komponenten des Fahrzeugs. Software spielt zwar eine Rolle, ist aber hauptsächlich darauf beschränkt, spezifische Funktionen der Hardware zu steuern, wie z. B. das Motormanagement oder die ABS-Steuerung.

Mit dem Übergang zum Fahrzeug als smartes System verschiebt sich der Fokus von der physischen Hardware auf die Software. Software First bedeutet, dass die Software jetzt eine zentrale Rolle bei der Fahrzeugentwicklung spielt. Das Fahrzeug wird so zum **Software defined Vehicle**: Wesentlichen Funktionen, Eigenschaften und Benutzererlebnisse werden durch Software gesteuert, definiert und kontinuierlich aktualisiert. Im Gegensatz zu traditionellen Fahrzeugen, bei denen die Hardware (wie Motor, Getriebe, Bremsen) die zentrale Rolle spielt und nur durch physischen Eingriff verändert werden kann, ist die Software bei einem SDV der zentrale Treiber für die Funktionalität und Weiterentwicklung des Fahrzeugs.

Damit einher geht ein Wechsel von einem stark hardwarefokussierten Entwicklungsansatz hin zu einem softwarezentrierten Ansatz, bei dem die Software nicht nur die Hardware steuert, sondern das Fahrzeug als Plattform gesehen wird, die durch Software definiert wird. Softwareabteilungen oder spezialisierte Softwareunternehmen in Konzernen gewinnen an Bedeutung und nehmen weitreichenden Einfluss auf Produktstrategien. Die Softwareentwicklung selbst muss vom Rand in den Mittelpunkt der Fahrzeugentwicklung rücken⁶ mit entsprechenden Lösungen auf den Ebenen von Organisation, Arbeitsgestaltung und Qualifizierung.

6 Vgl. Boes/Ziegler (2021) zum Fallbeispiel VW

Vom Wasserfallmodell der Entwicklung zu Agile Engineering

Kundenorientierung, Herausforderungen der Softwareentwicklung sowie zunehmende Komplexität des Fahrzeugs in Verbindung mit dem Druck, Entwicklungszeiten zu verkürzen, lassen sich immer weniger in den Prozessen nach dem traditionellen Wasserfallmodell abbilden. Das Engineering steht vor der Herausforderung, agile Entwicklungsprinzipien und entsprechende Tools zu integrieren und damit in der internen Zusammenarbeit wie auch die Zusammenarbeit mit Entwicklungspartnern zu einer tieferen Integration und Beschleunigung der Prozesse zu gelangen. Während Agile Software Engineering in Tech-Branchen mittlerweile zum Standard gehört und bereits eine gewisse Tradition hat, muss sich das Automotive Engineering mit spezifischen Anforderungen und Hemmnissen auseinandersetzen. Eine direkte Übertragung erprobter agiler Vorgehensweisen ist nicht möglich. Passende Lösungen etwa in Form von Vorgehensmodellen, Methoden und Veränderungen im Arbeitsalltag müssen noch gefunden werden. Bis dahin bleibt ein belastendes Spannungsfeld zwischen den zunehmenden alltäglichen Agilitätsanforderungen und den Möglichkeiten der Entwickler, diesen adäquat zu begegnen, bestehen.

Von geschlossenen Innovationsnetzwerken zu offenen Innovationsnetzwerken

Die Automobilindustrie in Deutschland zeichnete sich durch eine enge Innovationspartnerschaft zwischen OEMs und Zulieferern aus. Die Beziehungen waren oft auf das gemeinsame Verfolgen langfristiger Innovationspfade angelegt, was Stabilität, Verlässlichkeit und wechselseitiges Vertrauen schaffte. Dieser Innovationsmodus gerät zunehmend an seine Grenzen: die globale Ausdifferenzierung von Lieferketten und Innovationsstandorten, neue Player wie Start Ups und Tech-Unternehmen, technologische Komplexität und Anforderungen an Geschwindigkeit oder die zunehmende Bedeutung von Softwareentwicklung drängen auf Innovation in offeneren Netzwerken. Hier werden Ressourcen, Ideen und Expertise mit einer breiteren Gruppe von Partnern geteilt, um schneller und effektiver auf die Herausforderungen und Chancen der modernen Automobilindustrie zu reagieren. Damit ändert sich das gesamte Setting der überbetrieblichen Zusammenarbeit im Engineering und die Anforderungen an Entwickler und Management.

Von einem Produkt- und Technologiefokus zur Kunden- und Marktorientierung

Mit der digitalen Erweiterung der Funktionalität des Fahrzeugs sowie seiner Einbettung in diverse soziotechnische Systeme erweist sich die Fokussierung auf das technische Produkt und die zugrunde liegenden Technologien als zu eng. Technische Exzellenz und technologiegetriebene Innovationspfade verlieren ihre Funktion als immer gültige Leitplanken des Engineerings. Sie müssen verstärkt gegenüber marktspezifischen Anforderungen sowie Anforderungen an ein ganzheitliches, benutzerorientiertes Fahrzeugdesign im Kontext diverser Ökosysteme abgewogen werden. Konflikte mit der Ingenieurskultur, Qualitätsmaßstäben und etablierten Vorgehensweisen sind hier vorprogrammiert.

Von einem erfahrungsbasierten Engineering zum datengestützten virtuellen Engineering

Erfahrungswissen, Intuition und heuristischen Datenanalysen spielen eine zentrale Rolle im gesamten Engineering Prozess von der Ideengenerierung bis zur Serienentwicklung. Mit KI, Big Data, hochabstrakten Modellierungswerkzeugen und virtuellen Simulationen wird das erfahrungsbasierte Engineering durch ein datengestütztes virtuelles Engineering ergänzt. Offen ist dabei die Frage, ob es dabei auf eine weitgehend datengesteuerte Entwicklung hinausläuft oder ob bzw. wie weit

Erfahrungswissen auch weiterhin eine zentrale Rolle als treibende Kraft im Engineering Prozess spielen wird.

Fazit: Fundamentaler Wandel statt Business as Usual im Engineering

Mit den aktuellen Transformationstrends im Automotive Engineering vollzieht sich aktuell ein systemischer Wandel in den Produkten und Innovationsprozessen⁷. Das Fahrzeug wird immer mehr zu einem komplexen smarten System, das in unterschiedliche soziotechnische Systeme eingebunden ist. Innovation – bisher von der Mechanik und Elektronik her gedacht – wird immer mehr durch die nun dominierende Rolle von Software geprägt. Das Engineering wird dazu gedrängt, sich auf einen neuen Entwicklungs- und Innovationsmodus einzustellen, in dem der Veränderungsdynamik von Software, der Agilität ihrer Entwicklungsprozesse und der Öffnung der Innovationsnetzwerke Rechnung getragen wird.

Die Parameter der Organisation von Geschäfts- und Arbeitsprozessen im Engineering verändern sich also grundlegend. Es gilt, sich von der Vorstellung eines Business as Usual («Innovation zum Alltagsgeschäft des Engineerings») zu lösen und sich auf einen fundamentalen Wandel einzustellen, der das Gesamtsystem Engineering erfasst: Produkte und damit verbundene Aufgaben, Infrastrukturen und Tools, Arbeitsteilung und -organisation, Arbeitsweisen Kooperation und Kommunikation, die Raum/Zeit-Struktur, Kompetenzen der Entwickler sowie Aus- und Weiterbildungskonzepte in beruflicher Ausbildung und an Hochschulen – das bisher so gut funktionierende Zusammenspiel dieser Dimensionen steht mit diesen Transformationstrends zur Disposition.

3 Transformation in der betrieblichen Praxis

Transformation geschieht nicht in allen Unternehmen und Entwicklungsbereichen zur gleichen Zeit oder in gleicher Form. Unternehmen und Beschäftigte stehen vor unterschiedlichen Herausforderungen. Äußere Rahmenbedingungen setzen unter Veränderungsdruck und begrenzen häufig die Spielräume für nachhaltige Strategien. Das Management entwickelt Transformationsstrategien mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen, aber auch Leerstellen, die Weichen für die Organisationsentwicklung und die Arbeitsbedingungen im Engineering stellen. Und zudem kommt die Transformation mit einer Vielfalt operativer Herausforderungen und Probleme im Arbeitsalltag, die sich häufig unterhalb des Radars des Managements bewegen.

Die skizzierten Transformationstrends, die aus der Adlerperspektive scheinbar einfache Zielmarken beschreiben, führen in der betrieblichen Praxis schnell zu einer unübersichtlichen Lage mit Herausforderungen, auf die viele Unternehmen und ihre Beschäftigten noch nicht eingestellt sind. Im Folgenden wird zunächst kurz auf die unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Herausforderungen der Unternehmen je nach ihrer Stellung in der Wertschöpfungskette hingewiesen. Anschließend verfolgen wir die Frage, wie sich die Transformationstrends in der betrieblichen Praxis auswirken. Wir stellen Erkenntnisse zu diesen Themen vor:

⁷ Siehe dazu die Fallbeispiele in Boes, Ziegler (2021)

- Einstellung auf das Fahrzeug der Zukunft: Produkt- und Innovationsstrategie
- Engineering-Organisation im Spannungsfeld widersprüchlicher Anforderungen
- Globalisierung unter neuen Vorzeichen
- Flexibilitätsdruck und agile Engineering
- Digitalisierung: zwischen Rückstand und Transformationsmotor

3.1 OEMs und Zulieferer: Herausforderungen unterschiedlich verteilt

OEMs (Original Equipment Manufacturers) und Zulieferer sind von diesen Transformationstrends sehr unterschiedlich betroffen. Sie hängen z. B. ab von ihrer Stellung in der Wertschöpfungskette, der Stellung im Konzernverbund, den Produktportfolios, den damit verbundenen Spielräumen für Transformations- und Innovationsstrategien sowie der jeweiligen Strategiekompetenz des Managements. Auch wenn im Weiteren eine systematische Differenzierung nach unterschiedlichen Ausgangslagen nicht erfolgen kann, soll hier kurz darauf eingegangen werden:

Die **OEMs** sind aufgrund ihrer zentralen Stellung in der Wertschöpfungskette in der Lage, die Transformation vorausschauend und mit eigenen Strategien zu gestalten⁸. Sie haben bereits in die Transformation zur Elektromobilität investiert. Sie verfügen mittlerweile über Erfahrung und Kompetenzen in der Entwicklung und Produktion von Elektrofahrzeugen und setzen Maßstäbe in der Digitalisierung und Automatisierung von Produktionsprozessen. Ein entscheidender Vorteil ist, dass sie flexibel mit Auslagerung und Insourcing zur Verringerung bzw. Erhöhung der Fertigungstiefe umgehen können. Sie sind so in der Lage, eine riskante Pfadabhängigkeit zu vermeiden und für die Auslastung eigener Entwicklungs- und Produktionskapazitäten zu sorgen. Eine zentrale Herausforderung und auch Risiken zeigen sich hier v. a. auf der Ebene grundlegender Architekturentscheidungen zum Fahrzeug der Zukunft und ihrer Rolle in neuen Mobilitätskonzepten. Insbesondere hinsichtlich neuer E/E-Architekturen und den damit verbundenen Anforderungen an Organisations- und Kompetenzentwicklung (Software-driven-Company) werden aktuell Weichen gestellt, die sich nachhaltig auf die Automobilindustrie in Bayern und Deutschland auswirken können.

Demgegenüber durchlaufen viele **Zulieferer**⁹ oft schwierigere Anpassungsprozesse. Dies gilt insbesondere für die Zulieferer, die sehr weitgehend vom konventionellen Antriebsstrang abhängig sind. Sie stehen vor der Herausforderung einer vollständigen Neuausrichtung bei gleichzeitig aktuell noch hoher Auslastung. Viele Zulieferer sind zudem in hohem Maße von den Entscheidungen der OEMs abhängig. Detaillierte Lastenhefte zu Funktionalität der Komponenten, Sourcing-Strategien und damit verbundene Kosten- und Standortvorgaben, das Warten auf das Anlaufen des nächsten Fahrzeugmodells, Anforderungen an immer kürzere und flexiblere Entwicklungs- und Produktionsprozesse – dies alles lässt kaum Raum für eine vorausschauende Strategieentwicklung. Der Fokus ist in vielen dieser Unternehmen bzw. Standorte auf Kostensenkung, Standortverlagerung und generell »Überleben« gerichtet, während das Thema Transformation auf unbestimmte Zeit zurückgestellt wird: »Das machen wir, wenn der Kostendruck nicht mehr so stark ist und die Rahmenbedingungen wieder stabiler sind.« – so eine Aussage, die wir so oder so ähnlich an verschiedener Stelle gehört haben.

⁸ vgl. dazu die Fallstudien zu BMW, Daimler und VW in Boes/Ziegler (2021)

⁹ Vgl. dazu (Boes 2021), Blöcker et al. (2020) sowie Schwarz-Kocher et al. 2019

Chancen ergeben sich insbesondere für **Systemlieferanten**¹⁰, wenn es ihnen gelingt, mit ihrer Systemkompetenz und eigenen Innovationen den Übergang von mechatronischen zu smarten Systemen zu gestalten, und sie über eine hinreichende Marktmacht verfügen, um in ihren Verhandlungen mit OEMs sowohl den eingeschlagenen Innovationspfad als auch die damit verbundenen Preise durchzusetzen.

Engineering-Dienstleister¹¹ sind eng verzahnt mit OEMs und Zulieferern. Als vorwiegend mittelständische Unternehmen kommt es für diese Unternehmen darauf an, Chancen, die sich auf dem Transformationsgeschehen ergeben, flexibel für sich zu nutzen und ihren Kundenkreis global zu erweitern. Diese ergeben sich insbesondere in neuen Technologiethemen sowie dem steigenden Bedarf an Gesamtfahrzeugentwicklung jenseits der klassischen OEMs. Aber auch die Nutzung von Skaleneffekten, die sich aus der fortschreitenden Standardisierung und Industrialisierung von Entwicklungsprozessen ergeben, wird als Chance gesehen. Allerdings geht mit der zunehmenden globalen Orientierung auch bei EDL ein verstärkter Trend zur globalen Verteilung von Entwicklungsleistungen einher.

3.2 Einstellung auf das Fahrzeug der Zukunft

Das Automotive Engineering ist aktuell gefordert sich auf das Fahrzeug der Zukunft und einen grundlegenden Wandel der Produkte und Services der Branche einzustellen. Dabei geht es nicht allein um die Einstellung auf ein neues Projekt, einen neuen Kunden, eine neue Technologie. Dies alles gehört zum Alltagsgeschäft des Engineerings und ist insofern kaum transformationsrelevant. Für Stand und Perspektiven der Transformation von großer Bedeutung ist hier allerdings, dass mit dem Fahrzeug der Zukunft grundlegende Konzepte und Vorstellungen ins Wanken geraten, die bisher nicht nur den individuellen Arbeitsweisen zugrunde liegen, sondern das Engineering als Ganzes am Laufen halten: Zusammenarbeit über Teams, fachliche Disziplinen, Unternehmen und Unternehmensbereiche hinweg, das Zusammenspiel der Ausbildung in den relevanten Berufen und Studiengängen mit den Bedarfen der betrieblichen Praxis, das Ineinandergreifen von Regulierung und Engineering – all dies basiert auf einer langen Tradition gemeinsam geteilter Denkmuster zum Was, Wie, Wer, Wann, Wo, Warum und Wozu des Engineerings, die im Arbeitsalltag als geklärt gelten und damit kaum thematisiert werden.

Diese Ws, diese gemeinsam geteilten Denkmuster verlieren aktuell an Gültigkeit und geraten in Widerspruch mit der Realität. Einerseits gilt es, sich bei dem Was von der bisher tragfähigen mechanischen Sicht auf das Fahrzeug zu lösen. Die Aufgabe des Engineerings besteht zunehmend darin, das Fahrzeug als komplexes smartes System zu entwickeln, das »connected«, »software-defined« und eingebettet in unterschiedliche soziotechnische Systeme ist.

Und andererseits ist das Fahrzeug der Zukunft mit einem neuartigen Innovationsmodus verbunden, so dass auch bei dem Wie, Wo, Wann, Wer und Warum alte Gewissheiten verloren gehen. Bisher wurden in der Branche mittel- bis langfristig stabile Innovationspfade verfolgt, die für alle Akteure in der Wertschöpfungskette eine gewisse Planungssicherheit boten, um Produktstrategien iterativ

10 Vgl. dazu die Fallstudie zu Bosch in Boes/Ziegler (2021)

11 Vgl. Leffers et al. (2020)

fortzuschreiben und um einzelne technologische Details zu ergänzen. Nun wird Innovation kurzzyklischer, erfolgt in offenen Netzwerken und muss eingefahrene Innovationspfade verlassen. Grundlegende Vorstellungen, wie ein Fahrzeug in der Wertschöpfungskette entwickelt wird, wie Zusammenarbeit funktioniert, in welchen Zeithorizonten geplant und entwickelt wird, wer daran beteiligt ist und wer den Hut aufhat (Hardware First oder Software First), müssen an neue Anforderungen angepasst werden.

Die Rahmenbedingungen, um diese Themen anzugehen, sind in den Unternehmen unterscheiden sich je nach Stellung in der Wertschöpfungskette, dem Produkt und der Weitsicht des Managements. OEMs haben das Fahrzeug als Gesamtsystem im Blick und können ihre Produktstrategien offensiv in einen sich verändernden Markt hinein entwickeln. Hier besteht die Chance, in einer ganzheitlichen Perspektive das Fahrzeug der Zukunft zu thematisieren und dies für die Neuorientierung im Engineering zu nutzen. Demgegenüber sind viele Zulieferer mit wechselnden, teilweise widersprüchlichen und häufig sehr kurzfristigen Anforderungen konfrontiert, die nur wenig Raum für eigene Strategien lassen. Entsprechend sehen wir bei Zulieferern häufig eine eher defensive und abwartende Haltung. Viele Zulieferer warten ab, welche Aufträge von den Herstellern kommen und verzichten darauf, ihre Produkte vorausschauend und systematisch zum Thema zu machen.

Die Folge sind mehrfach zerrissene Produkt- und Innovationsstrategien etwa zwischen Verbrenner und Elektroantrieb, Hardware und Software, durch unterschiedliche Prioritäten auf globalen Märkten, durch unterschiedliche Zielsetzungen und Prioritäten in »Silos« sowie zwischen neuen Anforderungen und dem Warten auf alte Sicherheiten in der Wertschöpfungskette. Eine ganzheitliche Sicht auf das Fahrzeug der Zukunft wird so erschwert, so dass sich das Engineering eher getrieben (etwa durch neue Technologiethemata und inkonsistente Managemententscheidungen) und an einer gemeinsamen Neuorientierung gehindert sieht. Transformation vollzieht sich so hinter dem Rücken der Akteure und wird von vielen mit einem hilflosen Achselzucken kommentiert.

Ohne eine klare gemeinsame Vorstellung vom Produkt wird insbesondere in großen Unternehmen mit ihren »**Silos**« und **Bereichsinteressen** das gemeinsame Verfolgen strategischer Ziele und Prioritäten erschwert. Anforderung an die Evaluation und Anpassung der Produktstrategie, die aus dem Engineering heraus formuliert werden, haben es sehr schwer, Gehör zu finden, wenn grundlegende Denkmuster zu den W-Fragen des Engineerings immer weiter auseinanderdriften.

Die Fragmentierung der Strategie sowie Ineffizienz bei strategischen Entscheidungen und ihrer Umsetzung belasten Beschäftigte und Führungskräfte durch widersprüchliche, **inkonsistente Entscheidungen**. In der Folge arbeiten Abteilungen und Teams oft aneinander vorbei, individuelle Prioritäten in der Bearbeitung von Aufgaben erweisen sich rückwirkend als zweifelhaft. Verzögerungen in Projekten trotz hoher Arbeitsintensität sind die Folge.

Auf der operativen Ebene wird von vielfältigen **Kommunikationsproblemen** und daraus resultierenden Störungen in der Zusammenarbeit berichtet. Das Risiko von Missverständnissen und Konflikten zwischen Mitarbeitern, Teams, Abteilungen oder externen Dienstleistern steigt. Fehleranfälligkeit sowie der Aufwand, Komponenten oder Module, die von verschiedenen Teams entwickelt wurden, zu integrieren und Qualitäts- und Funktionalitätsziele zu erreichen, steigen. Ressourcenverschwen-

dung, Doppelarbeiten, erhöhter Aufwand bei Fehlerbehebung und -vermeidung werden in der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit oder in der Zusammenarbeit mit Entwicklungsstandorten in LCC auch aus diesem Grund zum Problem und führen zu Verzögerungen.

Entwickler arbeiten in einem komplexen Arbeitsfeld mit hoher Veränderungsdynamik und entsprechenden Anforderungen an **vorausschauenden Orientierungsleistungen**. Permanente Technologievorschau, Auseinandersetzung mit möglichen Use Cases und ggf. Risiken sowie eine vorausschauende Kompetenzentwicklung spielen in der Entwicklungsarbeit eine große Rolle. Ein Vakuum in der Unternehmenskommunikation im Kontext der Produkt- und Innovationsstrategie lässt diese individuellen und kollektiven Orientierungsleistungen auseinanderdriften und kann letztlich dazu führen, dass sich disziplinäre und funktionale Kommunikationsblockaden im Kampf um die Interpretationshoheit eher verschärfen.

Eine schlüssige Produktstrategie ist zudem ein zentraler Baustein für das **Sinnerleben** und **Motivation** sowie **Vertrauen in die Zukunft**. Unglaubliche oder abgehobene Visionen zum Produkt und zur Unternehmenskultur, die z. B. von HR oder dem Change Management entworfen werden, münden in abnehmender Arbeitszufriedenheit, Zynismus und Misstrauen. Die Problemdiagnose »mangelnde Veränderungsbereitschaft der Mitarbeiter« im Management ist dann die Kehrseite der Medaille.

Produkt- und Innovationsstrategie als Katalysator der Transformation nutzen

Insgesamt hatten wir in den Fallstudien den Eindruck, dass für das Engineering aktuell grundlegende Leitorientierungen verloren gehen, die dringend benötigt werden, um das Engineering in hochkomplexen, global verteilten Arbeitssystemen am Laufen und innovationsfähig zu halten.

Hier stellt sich die Frage, wo für das Engineering Ansatzpunkte bestehen, um dem entgegenzuwirken und auch in der aktuellen Transformationsphase, die sich durch hohe Unsicherheit und Veränderungsdynamik auszeichnet, in einen kollektiven Lernprozess einzutreten, in dem die W-Fragen des Engineerings neu beantwortet werden.

Hier erscheint die Produkt- und Innovationsstrategie¹² als Dreh- und Angelpunkt. In der aktuellen Marktlage tendieren unserer Einschätzung nach Unternehmen sehr dazu, sich in ihren strategischen Überlegungen vor allem auf die externen Erwartungen an Produkte und Innovation zu fokussieren. Intern Anforderungen sowie die Katalysatorfunktion, die ein Strategieprozess rund um Produkte und Innovation in der Transformation einnehmen kann, geraten dann schnell aus dem Blickfeld.

Es gilt

- Produkt- und Innovationsstrategien auf den Prüfstand zu stellen, grundlegende Veränderungen zu erkennen und mit Anforderung an Geschäftsmodell, Organisationsentwicklung, Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung zu verbinden.
- Unsicherheit und Veränderungsdynamik in den internen Strategie- und Kommunikationsprozessen abzubilden. Ein agiler Strategieprozess mit Beteiligung des Engineerings, Empowerment der

12 Interessant zu den Herausforderungen und Folgen des Innovationsmanagements ist der Band „Smart In-novation“ von Pfeiffer et al. (2012).

Entwickler zur Bewältigung von Unsicherheit und Variabilität sowie Retrospektiven, die auf ein kollektives Lernen ausgerichtet sind, wären hier zentrale Bausteine.

3.3 Umbau des Engineerings

Das Engineering blickt auf eine schon längere Geschichte der Umorganisation von Strukturen und Prozessen zurück. Sie haben – darauf verweisen viele unserer Gespräche – eine »Endmoräne« unbewältigter Organisationsprobleme hinterlassen, die bisher aus Managementsicht wenig relevant erschienen, aus operativer Sicht jedoch erhebliche Hürden für Effizienz, gute Arbeitsbedingungen und Innovation im Engineering schaffen. Silo-Strukturen und mangelnde bereichsübergreifende Zusammenarbeit, starre Hierarchien, Bürokratie und langsame Entscheidungsprozesse sowie Überkomplexität und Intransparenz von Prozessen und Organisationsstrukturen sind bereits seit längerem bekannte Themen, die vom Engineering erhebliche Kompensationsleistungen erfordern. Informelle Kooperationsbeziehungen, Mehrarbeit sowie die Erfahrung insbesondere älterer Mitarbeiter – so unser Eindruck – halten Prozesse am Laufen, die durch Intransparenz, Überkomplexität der dahinterliegenden Organisations- und Entscheidungsstrukturen zunehmend dysfunktional werden.

Aktuell steht das Engineering zudem vor neuen organisatorischen Herausforderungen: Es gilt,

- eine tiefe organisatorische Integration von Mechanik, Elektronik, Software über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg zu realisieren.
- das Engineering so aufzustellen, dass die Zusammenarbeit in globalen Innovations-netzwerken jenseits der eingeübten Kooperationsbeziehungen funktionieren kann,
- Software First und Mechanik First als Leitorientierungen in der Organisationsentwicklung auszutariieren
- bessere organisatorische Rahmenbedingungen für Agilität und Flexibilität zu schaffen und
- die Standardisierung auf der Ebene von Plattformen und Modulen organisatorisch abzubilden.

Integration von Mechanik- Elektronik- und Softwareentwicklung

Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung haben sich historisch in jeweils eigenen Fachbereichen entwickelt. Doch mit dem Übergang zu smarten und softwaregesteuerten Systemen erweisen sich diese organisatorischen Grenzen als Hemmnis für Innovation und Effizienz in der Entwicklung. Fehlt in dieser Situation eine durchsetzungsstarke Organisationsentwicklung, die entsprechende Veränderungen auch gegen Bereichsinteressen durchsetzt, ist das Engineering belastet mit Fehlerquellen und erforderlichen Kompensationsleistungen, die als Feuerwehrraktionen zwar kurzfristige Zielerreichung ermöglichen, jedoch keinerlei Beitrag zur Entwicklung stabiler Prozesse leisten.

Um hier eine engere Zusammenarbeit zu erreichen, haben Unternehmen unterschiedliche organisatorische Lösungen entwickelt. Die sind z. B.

- die Intensivierung der Zusammenarbeit spezialisierter Abteilungen über regelmäßige Meetings
- integrative Entwicklungszentren
- cross-funktionale Projektteams

In der Praxis jedoch erweist sich das Zusammenwachsen als schwieriger Prozess mit teilweise hohen Hürden, die die Unternehmen unterschiedlich meistern. Organisatorische Trägheit, Bürokratie und der Fokus des Managements auf Fachbereichsziele können eine notwendige Anpassung bestehender Strukturen und Prozesse blockieren.

»Software First«

Eine besondere Herausforderung stellt die Integration der Softwareentwicklung dar. Carriad als prominentes Beispiel zeigt, vor welchen Herausforderungen dabei die OEMs stehen. Denn es entstehen hier Anforderungen, in der Unternehmenskultur einen Schwenk von »Hardware First« zu »Software First« zu vollziehen und einen ganzen Konzern am Innovationsmodus eines softwaregetriebenen Marktes auszurichten. Der Aufbau von Ökosystemen mit externen Partnern sowie Organisationsstrukturen, die den Erfordernissen agiler Projekte entsprechen, sind dabei zentrale Hebel, um Entwicklungsprozesse zu beschleunigen und den Anschluss nicht zu verlieren.

Für Zulieferunternehmen liegt es häufig nicht unmittelbar auf der Hand, welche Rolle Software für ihr Produkt und zukünftige Innovationen spielt. Die aktuelle Praxis von hochgradig spezialisierter Embedded Software mit geringem Grad der Vernetzung korrespondiert häufig mit einer Auslagerung der Softwareentwicklung in spezialisierte Unternehmenseinheiten, häufig auch an Standorten wie Indien. Die disruptive Innovationskraft der Software wird so leicht unterschätzt und Potenziale für Produkt- und Prozessinnovationen nicht frühzeitig erkannt.

Phasen- und bereichsübergreifende Integration von Entwicklung und Produktion

Die phasen- und bereichsübergreifende Integration von Entwicklung und Produktion ist kein ganz neues, aktuell aber wieder verstärkt drängendes Thema. Der Druck auf die Verkürzung der Entwicklungszeiten, Unsicherheit der Rahmenbedingungen etwa in der Lieferkette, kurzfristige Änderungen in den Kundenanforderungen sowie die digitale Transformation fordern das Engineering, Prozesse der Produkt- und Prozessentwicklung, der Qualitätssicherung und der Produktion weiter zu integrieren und dafür organisatorische und methodische Lösungen zu finden. So wird mit Blick auf das Zusammenspiel von Entwicklung und Produktion in den Unternehmen durchgängig berichtet, dass Entwicklungsaufgaben, die noch nach dem Start of Production zu bewältigen sind, erheblich zunehmen. Diese Herausforderungen werden aktuell in der Regel in »Feuerwehraktionen« bewältigt, also mit Vorgehensweisen, die die Anspannung aller Kräfte in Produktion und den beteiligten Entwicklungsabteilungen erfordern. So lange dies Ausnahmesituationen bleiben, können diese »Feuerwehraktionen« den bereichsübergreifenden Teamgeist und Zusammenarbeit stärken. Werden sie allerdings die Regel – eine Situation, die wir in vielen Unternehmen vorgefunden haben – führen sie zu Überlastung in allen beteiligten Bereichen, zu einer weiteren Abschottung und Abgrenzung der jeweiligen Zuständigkeit sowie zu wechselseitigen Vorwürfen.

Aktuelle organisatorische Lösungen richten sich hier auf

- die Bildung von funktionsübergreifenden Teams, die sowohl Entwickler als auch Produktionsmitarbeiter umfassen. Diese Teams arbeiten gemeinsam an Projekten und können somit sicherstellen, dass beide Perspektiven berücksichtigt werden. Hier ist ein besonderes Augenmerk auf Macht- und Statusunterschiede zwischen Mitarbeitern in den beteiligten Bereichen zu richten. Insbesondere zwischen Ingenieuren und Produktionsmitarbeitern sind wir auf grundlegende

Kommunikationsblockaden gestoßen, die dazu führen können, dass ansich sinnvolle organisatorische Lösungen nicht die erhofften Ergebnisse zeigen.

- regelmäßige Meetings und Workshops zwischen Entwicklungs- und Produktionsteams, um frühzeitig Probleme zu identifizieren und Lösungen zu erarbeiten. Dreh- und Angelpunkt ist hier ein gemeinsames Aufgabenverständnis und der zielgruppengerechte Methodeneinsatz. In der Praxis kann sich das seit Lean Production verankerte Verständnis einer Zusammenarbeit im Rahmen eines KVP-Prozesses als Hemmnis erweisen, da sich hier der Beitrag aus der Produktion auf die Optimierung eines gesetzten Standards beschränkt – so zumindest die Sichtweise in einem Fallunternehmen. Eine Entwicklungskooperation, in der Impulse aus der Produktion für grundlegende Produkt- und Prozessentscheidungen genutzt werden, entsteht so nicht bzw. erst unter Druck nach einer langen Phase erfolgloser Optimierungsversuche. Um eine Entwicklungskooperation auf Augenhöhe jedoch zu realisieren, sind entsprechende innovative Methoden zu entwickeln, die eine Brücke zwischen der Fachsprache des Engineerings und dem Erfahrungswissen aus der Produktion schlagen können.
- Einführung von Koordinationsrollen: Einige Unternehmen setzen Koordinatoren oder Schnittstellenmanager ein, die speziell dafür verantwortlich sind, die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Produktion zu optimieren.

Plattform- und Modularisierungsstrategien

Plattform- und Modularisierungsstrategien werden bei Original Equipment Manufacturers (OEMs) in der Automobilindustrie schon seit längerem verfolgt. In der Zulieferindustrie hat die Entwicklung und Nutzung standardisierter Produktplattformen und Baukastensysteme erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen haben. Ziel ist es, Fahrzeuge oder Komponenten mit gemeinsamen Teilen effizienter zu produzieren und dabei die Kosten zu senken sowie die Produktvielfalt zu erhöhen. Seitens der Zulieferer kommt die Anforderung der OEMs hinzu, standardisierte und modulare Komponenten zu liefern, die Plattformstrategien der OEMs unterstützen.

In der betrieblichen Praxis jedoch entstehen damit Herausforderungen und Anpassungsbedarfe, die uns in den Fallstudien als ungelöste Probleme für das Engineering geschildert wurden:

- Erhöhte Komplexität und Schnittstellenprobleme: das arbeitsteilige Arbeiten an verschiedenen Modulen und Plattformen, die Integration in ein Gesamtsystem sowie das Zusammenspiel zwischen Plattformentwicklung und Serienentwicklung kann sehr komplex sein und trägt so zur ohnehin häufig schon gegebenen Überkomplexität von Strukturen und Prozessen bei, mit entsprechenden Folgen für Entwicklungsgeschwindigkeit und Qualität.
- Kommunikations- und Koordinationsaufwand: Es kommt zu einer tieferen Spezialisierung der Teams, was eine intensive Kommunikation und Abstimmung erfordert. Dies kann insbesondere in der disziplinen- und standortübergreifenden Zusammenarbeit sehr schwierig sein.
- Risiko der Silobildung: Isolierte Arbeitsgruppen und Teams, die sich auf spezifische Module oder Plattformen spezialisieren, tendieren dazu, isoliert zu arbeiten und den Überblick über das Gesamtsystem verlieren. Dies kann zu einer mangelnden Gesamtintegration und suboptimalen Lösungen führen und eine Verständigung auf gemeinsame, plattformübergreifende Transformationsziele blockieren.
- Fehler und Fehlerbehebung: Die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Modulen und Plattformen können dazu führen, dass Fehler in einem Bereich weitreichende Auswirkungen haben. Ein

Problem in einem Modul könnte das gesamte System beeinträchtigen. Die Fehlersuche und -behebung wird erschwert und zeitaufwendiger.

- Hinzu kommen Risiken für Standorte und Mitarbeiter, die sich aus der Bündelung von Innovationsaufgaben in der Plattformentwicklung und ihre Ansiedelung in spezialisierten Innovations- oder Kompetenzzentren ergeben. Entwicklungsstandorte, die nicht als zentrale Innovationszentren fungieren, verlieren Autonomie und Entscheidungskompetenz, was ihre Flexibilität und Strategiefähigkeit einschränken und so die Zukunft des Standorts beeinträchtigen kann.
- Mitarbeiter an Entwicklungsstandorten, die nicht im Zentrum der Innovationsaktivitäten stehen, erfahren einen Verlust an Wertschätzung ihrer Arbeit und einen Verlust von Kompetenzen. Der Mangel an innovativen, herausfordernden Aufgaben sowie fehlende Möglichkeiten der Weiterbildung begrenzen Karrierechancen und Beschäftigungsfähigkeit.

Modularisierungs- und Plattformstrategien werden im Spannungsfeld eines zunehmenden Standardisierungsdrucks und gleichzeitig zunehmenden Anforderungen an Flexibilität und Beschleunigung umgesetzt. Es besteht die Gefahr, dass bereits bestehende Tendenzen von Bürokratisierung, überkomplexen Strukturen und nicht funktionierenden Prozessen so weiter verstärkt und die Zukunft des Engineerings zumindest außerhalb von Innovations- und Kompetenzzentren bedrohen. Es gilt, hier eine tragfähige Balance zu finden, die erfolgskritischen Herausforderungen an Organisationsentwicklung und Arbeitsgestaltung zu adressieren und den erforderlichen Zeit- und Ressourcenaufwand zu berücksichtigen.

Organisationsentwicklung zwischen Flexibilität und Standardisierung

In der skizzierten Situation, die bereits heute vielfach durch dysfunktionale Organisationsstrukturen im Engineering gekennzeichnet ist, entsteht für die Organisationsentwicklung die Herausforderung, widersprüchliche Anforderungen im Spannungsfeld von Standardisierung und Flexibilisierung unter einen Hut zu bekommen.

Es stellt sich die Frage: Anflanschen oder Umbau der Engineering-Organisation? Letztlich wird es darum gehen, dem Beharrungsvermögen von Silo-Strukturen und Einflusssphären wirksam entgegenzutreten und Entscheidungen zur Aufbau- und Ablauforganisation zu treffen, die Lernchancen für eine resiliente Organisations- und Standortentwicklung im Engineering und den erforderlichen Rahmen für mehr Flexibilität und Selbstorganisation im Arbeitsalltag des Engineerings schaffen.¹³

3.4 Globalisierung unter neuen Vorzeichen

Seit den späten 1990er Jahren hat sich die globale Verteilung von Engineering-Leistungen zu einem zentralen Treiber für den Wandel in der Automobilindustrie entwickelt. Während sie zunächst vor allem als kostensparende Strategie umgesetzt wurde, stehen deutsche Standorte heute vor neuen Herausforderungen in einem dynamischen globalen Marktumfeld. Aktuelle Transformationstrends wie Digitalisierung, Elektromobilität und globale Innovationsnetzwerke fordern nicht nur die Neu-

¹³ Ein interessantes Fallbeispiel zu Herausforderungen und Lösungen aus einer anderen Branche (DB System) skizziert Sonnen-Aures (2020). Interessant und mit konkreten Tipps zur agilen Organisationsentwicklung in Großunternehmen: Schneider (2023).

organisation bestehender Entwicklungsprozesse, sondern auch eine strategische Neuausrichtung der globalen Verteilung.

Das Kapitel beleuchtet die historische Entwicklung dieser Verlagerung, analysiert die aktuellen Treiber und Herausforderungen und zeigt, vor welchen Herausforderungen das Engineering steht, um Wettbewerbsfähigkeit, Innovationskraft und gute Arbeitsbedingungen zu sichern.

Globalisierung im Rückblick

Seit den späten 1990er Jahren ist die Verlagerung von Entwicklungsleistungen in der Automobilindustrie ein zentraler Bestandteil globaler Strategien. Zu Beginn stand vor allem die Auslagerung kostensensitiver und weniger komplexer Tätigkeiten im Vordergrund. Near- und Offshore-Standorte fungierten als »verlängerte Werkbänke«, an denen Aufgaben wie CAD-Dienstleistungen, Dokumentation, Testing sowie einfache IT-Dienstleistungen ausgeführt wurden.

Mit der zunehmenden Digitalisierung und der systematischen Entwicklung von Ingenieurs- und IT-Kompetenzen an internationalen Standorten begann ab den 2010er Jahren eine Phase des Wandels. Unternehmen erweiterten die Bandbreite der ausgelagerten Tätigkeiten erheblich, sodass Near- und Offshore-Standorte heute eigenständig komplexe Entwicklungs- und Forschungsaufgaben übernehmen können. Dies schließt nicht nur Produktentwicklungen über alle Phasen hinweg ein, sondern auch Schlüsselbereiche wie Datenanalyse, Predictive Maintenance und vernetzte Fahrzeuglösungen.

Beispielsweise hat Indien sich durch gezielte Investitionen in Bildung und Technologie zu einem führenden Standort für Engineering-Dienstleistungen entwickelt. Deutsche OEMs und Zulieferer wie Tata Consultancy Services (TCS) und Wipro betreiben dort umfangreiche Entwicklungs- und Forschungszentren. Gleichzeitig hat sich China mit Akteuren wie BYD und Xpeng als Innovator in Bereichen wie Elektromobilität und Software-driven Vehicles etabliert, wodurch es eine führende Rolle im globalen Wettbewerb einnimmt.

Die zunehmende Kompetenzentwicklung an diesen Standorten hat die Globalisierungsstrategien der Automobilindustrie grundlegend verändert. Während Standorte in Mittel- und Osteuropa aufgrund ihrer räumlichen und kulturellen Nähe weiterhin eine wichtige Rolle spielen, wird das globale Netzwerk zunehmend diversifiziert. Heute stellen Near- und Offshore-Standorte nicht nur kostengünstige Alternativen dar, sondern sind oft Innovationsknotenpunkte, die die strategische Ausrichtung ganzer Unternehmen prägen. Gleichzeitig wächst die Bedeutung von Emerging Markets, deren spezifische Kundenbedürfnisse zunehmend differenzierte Produktdesigns und eine stärkere lokale Entwicklung erfordern. So werden in asiatischen und afrikanischen Märkten häufig kleinere, kostengünstigere Fahrzeugmodelle nachgefragt, die speziell auf lokale Anforderungen angepasst sind.

Insgesamt richtet sich die Globalisierung von Engineering-Leistungen zunehmend an innovativen und strategischen Zielen aus, anstatt sich nur auf Kostensenkung zu konzentrieren. Dies erfordert eine enge Verzahnung von internationalen Netzwerken und die gezielte Entwicklung von Standortkompetenzen.

Globalisierung unter neuen Vorzeichen

Aktuell stellt sich das Automotive Engineering auf neue Herausforderungen in der globalen Zusammenarbeit ein. Sie erfolgt unter neuen Vorzeichen, denn gegenüber den ersten Jahren einer Globalisierung nach dem Muster ‚Verlängerte Werkbank‘ haben sich einige Parameter verändert:

- **Die Zusammenarbeit auf Augenhöhe** oder sogar als Juniorpartner mit neuen, innovationsstarken Playern an den neuen globalen Innovationsknotenpunkten wird zu einem zentralen Baustein von Globalisierungsstrategien, wie etwa die kürzlich beschlossene Kooperation von VW mit Xpeng und Rivian zeigt¹⁴.
- **Kundenbedürfnisse in Emerging Markets** müssen verstärkt adressiert werden und können zu unterschiedlichen Produktdesigns mit teilweise konkurrierenden Innovationspfaden führen.
- **Die zunehmende Verlagerung der Produktion:** An Near- und Offshore-Standorten entwickeln sich Kompetenzen in der Serienentwicklung weiter. Sie sind heute in der Lage, Engineering-Aufgaben in größerem Umfang zu übernehmen und werden vom Support durch deutsche Standorte unabhängig.
- **Die Rolle der Digitalisierung:** Moderne digitale Tools und Plattformen ermöglichen eine bessere Zusammenarbeit über Standorte hinweg. Gleichzeitig bleibt die Frage offen, wie Unternehmen informelle Netzwerke und Erfahrungswissen trotz räumlicher Trennung aufrechterhalten können.
- **Herausforderungen für Standortkompetenzen:** Mit der zunehmenden Verlagerung von komplexen Aufgaben steht die langfristige Sicherung von Standortkompetenzen in Deutschland auf dem Prüfstand. Die Formel »Wir konzentrieren uns auf die anspruchsvolleren Themen und den Kundenkontakt. Wenn wir auslagern, können wir dafür mehr Personalressourcen bereitstellen.« trägt in dem neuen globalen Umfeld nicht mehr. Stattdessen wird eine gute Balance zwischen interner Kompetenzentwicklung und der Zusammenarbeit mit internationalen Partnern immer wichtiger.
- **Integration von Produktion und Entwicklung:** Die geschmeidige Verzahnung beider Bereiche wird zunehmend entscheidend, um Entwicklungszeiten zu verkürzen und eine höhere Flexibilität im Wettbewerb zu erreichen. Wie weit sich dies mit der aktuellen Praxis der Verlagerung von Produktion vereinbaren lässt, bleibt abzuwarten.

Eine tragfähige Globalisierungsstrategie, die diese neuen Herausforderungen globaler Märkte und Wertschöpfungsketten adressiert, wird zu einem zentralen Baustein einer erfolgreichen Transformation des Engineerings. In der aktuellen Zwickmühle zwischen Kosten- und Innovationsdruck, in dem sich viele Unternehmen sehen, erfordert es strategische Weitsicht, nachhaltigen internen Kompetenzaufbau, Verlagerung von Entwicklungsleistungen an internationale Standorte und Ergänzung von eigenen Kompetenzen durch Kooperationen mit Dienstleistern in eine gute Balance zu bringen.

Dies gilt insbesondere für die Softwareentwicklung. Standorte wie Indien bieten einen großen Pool an Fachkräften, die bereits heute eine entscheidende Rolle in der Entwicklung digitaler Schlüsseltechnologien spielen. Unternehmen in Deutschland stehen hingegen vor der Herausforderung, IT-Fachkräfte zu rekrutieren und intern entsprechende Kompetenzen aufzubauen. Wie weit es gelingt, eine zunehmend wichtige Rolle der Software in Produkten abzubilden, ohne die Kontrolle über Schlüsselinnovationen zu verlieren, bleibt eine der zentralen Fragen. Der Aufbau eigener Software-

¹⁴ <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/vw-investiert-bis-zu-5-8-milliarden-dollar-in-rivian-a-727aeeb6-5ade-4022-b7eb-oed47829d163>

kompetenzen ist hierbei ein Schlüsselfaktor, um Autonomie und Gestaltungsfähigkeit zu bewahren. Andernfalls riskieren Unternehmen, zum Getriebenen des Systemwandels im Fahrzeug zu werden.

Herausforderungen global verteilter Entwicklung

Der Weg zu einer erfolgreichen globalen Organisation des Engineerings hat sich auch bisher schon für viele Unternehmen als äußerst steinig erwiesen.

Eine Vielzahl von Herausforderungen zeigt sich häufig erst im Arbeitsalltag und führt zu Effizienz- und Qualitätsproblemen sowie zu Unmut bei Mitarbeitern und operativen Führungskräften. Zu den zentralen Schwierigkeiten gehören:

- Ineffiziente Prozesse: Räumliche, kulturelle, sprachliche und fachliche Trennungen zwischen Entwicklungsteams sowie an der Schnittstelle zur Produktion erschweren die Zusammenarbeit erheblich.
- Kompetenzen Sie sind zwar an vielen Low-Cost Standorten erheblich gestiegen. Doch es wird berichtet, dass es aufgrund der teils sehr hohen Fluktuation häufig nicht gelingt, auf Basis dieser Kompetenzen ein tragfähiges Erfahrungswissen und belastbare Kooperationsbeziehungen aufzubauen.
- Mangel an informellen Netzwerken: Fehlende persönliche Kontakte und informelle Kommunikationswege behindern die schnelle Lösung von Problemen und die Integration von Teilprozessen.
- Fehlende Balance zwischen Standardisierung und Flexibilität: Während global standardisierte Prozesse Effizienz versprechen, hemmen sie oft die Agilität, die in dynamischen Entwicklungsprojekten erforderlich ist. Das Risiko, Fehler zu übersehen steigt. Stress bei den Entwicklern sowie der Druck, erhebliche Kompensationsleistungen zu erbringen, um Projektziele zu erreichen, war ein durchgängiges Thema in vielen Unternehmen.
- Erfahrungswissen: Standardisierung, kulturelle Unterschiede, Sprachprobleme sowie Unterschiede in Kompetenzen und Aufgabenverständnis erschweren den Aufbau und die effiziente Nutzung von Erfahrungswissen (s. u.: Exkurs Erfahrungswissen).
- Ausgedünnte Standortkompetenzen: Durch die Verlagerung von Umsetzungsaufgaben und die Konzentration der Entwickler auf Planungs- und Steuerungsaufgaben verlieren Standorte werden Standorte zunehmend von den konkreten Herausforderungen im Umgang mit Technologien und Kundenanforderungen abgekoppelt. Es droht ein Verlust an Fachkompetenzen.

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 im Arbeitsalltag und ihre Folgen für Effizienz, Flexibilität und Arbeitsbelastung hinweisen, werden kaum noch offen thematisiert, spielten aller-

dings 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.

Exkurs: Erfahrungsbasiertes Engineering

Erfahrung ist zwar eine charakteristische, aber trotzdem wenig beachtete Kompetenz in der Entwicklungsarbeit. Sie bzw. ihr Mangel macht sich vor allem in der globalen Zusammenarbeit bemerkbar und führt systematisch zu Problemen, wenn nicht vorausschauend nach neuen Lösungen gesucht wird.

Praxiswissen und »Bauchgefühl«, informelle Kommunikation und Netzwerke, kreative Problemlösung und Ad-Hoc-Vorgehensweisen sowie die Nutzung von Faustregeln sind eine wesentliche Basis für Flexibilität, Kreativität und Innovation im Engineering. In historisch gewachsenen Arbeitssystemen und im Rahmen eines gemeinsamen Bildungssystems, in dem in überbetrieblicher Perspektive gemeinsame Vorstellungen von professionellem Handeln, professioneller Verantwortung und Zuständigkeit bzw. Arbeitsteilung zwischen unterschiedlichen Berufen (in Deutschland zwischen Ingenieuren, Technikern, Facharbeitern) entwickelt wurden, sind diese Aspekte kaum der Rede wert. Sie funktionieren in der Regel stillschweigend und unter dem Radar standardisierter Prozesse. Bei größeren Eingriffen in Arbeitssystemen wie der globalen Verteilung von Entwicklungsleistungen werden diese informellen Aspekte jedoch zum Problem. Durch die räumliche Trennung der Entwicklung von Prototypenbau, Betriebsmittelbau und Produktion gehen der unmittelbare Zugang zum Erfahrungswissen aus diesen Bereichen sowie funktionierende Kommunikationskanäle verloren. Durch die Verlagerung von Entwicklungstätigkeiten wird die informelle Verständigung sowie die Synchronisation und Integration von Teilprozessen innerhalb von Entwicklungsteams erheblich erschwert.

Trotz der fortschreitenden Digitalisierung, die virtuelle Zusammenarbeit ermöglicht, bleiben die Vorteile und Synergien, die durch räumliche Nähe entstehen können, oft unerreichbar. Unternehmen müssen daher sorgfältig abwägen, wie sie räumliche und kulturelle Nähe in ihre strategischen Entscheidungen integrieren, um die Effizienz, Flexibilität und Innovationsstärke ihres Engineerings zu verbessern.

Transformation des global verteilten Engineerings

»Global verteilte Entwicklung« bleibt eine anspruchsvolle Aufgabe, die aktuell eine strategische Neuorientierung erfordert. Für eine erfolgreiche Transformation ist es erforderlich, nicht nur die bestehende »Endmoräne« lange bekannter Probleme in der globalen Zusammenarbeit anzugehen, sondern darüber hinaus mit strategischer Weitsicht Unternehmen und Standorte in neuen globalen Innovationsnetzwerken zu positionieren und dafür die notwendigen Kompetenzen und Arbeitsweisen zu entwickeln.

Digitalisierung: Moderne digitale Tools schaffen die Grundlage für globale Zusammenarbeit. Nicht zufällig läuft ihre Ausweitung parallel zum Ausbau des Internets. Doch Potenziale und mögliche Use Cases werden hier leicht überschätzt. Denn gerade hier zeigt sich das Spannungsfeld zwischen erfahrungsbasiertem und datenbasiertem Engineering, da es – anders als in der Zusammenarbeit mit

Dienstleistern in Deutschland – nicht mehr durch gemeinsame Kultur, Sprache und fachlichem Hintergrund abgedeckt wird. Unternehmen mit langer Verlagerungsgeschichte haben zwar mittlerweile unterschiedlich gut funktionierende Lösungen für Prozesse und Arbeitsteilung gefunden. Diese allerdings lassen sich unter den Bedingungen der aktuellen Transformation nur begrenzt übertragen. Insgesamt ist Digitalisierung im Kontext von Globalisierung eine Transformationsaufgabe (vgl. Kapitel 3.6) und noch nicht die Lösung. Es wird darum gehen, die Digitalisierung mit Arbeitsgestaltung und Organisationsentwicklung zu verbinden, um tragfähige Lösungen zu finden.

Personalentwicklung an Low-Cost-Standorten: Die Kompetenzen sind zwar an vielen Low-Cost Standorten erheblich gestiegen. Doch es wird berichtet, dass es aufgrund der teils sehr hohen Fluktuation häufig nicht gelingt, auf Basis dieser Kompetenzen ein tragfähiges Erfahrungswissen und belastbare Kooperationsbeziehungen aufzubauen. Es erfordert Maßnahmen im Bereich von Kompetenzentwicklung, Entwicklung einer »Autokultur«, Mitarbeiterbindung, Führung und Entscheidungsprozessen an diesen Standorten, um Kosten- und Effizienzvorteile tatsächlich realisieren zu können.

Prozessanalyse: Der Druck auf die Verkürzung der Entwicklungszeiten, die Integration von Entwicklung und Produktion in modernen Produktionssystemen sowie die Anforderungen an Flexibilität und Schnelligkeit nehmen im internationalen Wettbewerb zu. Die Minimierung der oben skizzierten Reibungsverluste in der global verteilten Entwicklung sowie zwischen Entwicklung und Produktion werden generell zu Erfolgsfaktor. Eine realistische Prozessanalyse unter Beteiligung der Engineering-Mitarbeiter mit ihrem Erfahrungswissen ist hier ein wichtiger Schritt.

Strategische Entwicklung von **Standortkompetenzen:** In dem neuen globalen Umfeld gilt es, Standortkompetenzen auf den Prüfstand zu stellen und Strategien zu ihrer Weiterentwicklung zu entwickeln. Eine vorausschauende Personal- und Kompetenzentwicklung am Standort, das Verfolgen fachlicher Schwerpunkte bei Projekten, die Anpassung der Entscheidungskriterien bei Verlagerungsvorhaben an Ziele für die Standortentwicklung sind hier wichtige Bausteine.

3.5 Agile Engineering

Die zunehmende Bedeutung von Software und der Einzug neuer Player in den Markt, die das Momentum von Digitalisierung und Elektromobilität für neue Geschäftsmodelle nutzen, setzen das Engineering in etablierten Unternehmen unter Druck, ihre Innovations- und Entwicklungsprozesse zu überdenken. Ein Engineering, das auf strikte Arbeitsteilung, Standardisierung und hierarchische Kontrollmechanismen setzt, kann den Anforderungen an Flexibilität, Geschwindigkeit und Innovationskraft oft nicht mehr gerecht werden. Agile Engineering bietet einen vielversprechenden Ansatz, diese Herausforderungen zu bewältigen, indem es Prinzipien wie Kundenorientierung, iterative Entwicklungszyklen und die Autonomie der Teams betont.

Doch die Umsetzung im Automotive-Bereich bringt einzigartige Herausforderungen mit sich, die eine Anpassung der Prinzipien und Methoden erfordern. Dieses Kapitel beleuchtet die Hintergründe, Herausforderungen und Potenziale agiler Ansätze im Engineering und analysiert, wie sie auf die spezifischen Anforderungen der Automobilindustrie zugeschnitten werden können.

Herausforderungen im traditionellen Engineering

Seit den Anfangsjahren der Branche hat sich die Entwicklungsarbeit radikal verändert. Zu Beginn bot sie noch das Bild einer ganzheitlichen, handwerklich geprägten und experimentellen Tätigkeit. Durch Industrialisierung, Lean Prinzipien, Digitalisierung und zuletzt Globalisierung sind es nun weitgehende Arbeitsteilung, Standardisierung, Automatisierung, eine weitgehende Einschränkung der Autonomie der Mitarbeiter durch detaillierte Anweisungen und Kontrollmechanismen sowie die Dominanz abstrakter Wissensarbeit, die das Arbeitsfeld prägen.

Doch dieses Verständnis stößt im Automotive Engineering aktuell an seine Grenzen.

- **Langsame Entscheidungswege:** Genehmigungen, die mehrere Hierarchieebenen durchlaufen müssen, bremsen Innovationen aus.
- **Starre Prozesse:** Sie lassen wenig Raum für kreative Lösungen und erschweren eine schnelle Reaktion auf Marktveränderungen.
- **Überlastung durch Bürokratie:** Ingenieure verbringen einen großen Teil ihrer Arbeitszeit mit Administrations- und Reportingaufgaben, was die eigentliche Entwicklungsarbeit behindert.
- **Eingeschränkter Informationsfluss:** Ineffiziente Kommunikation zwischen Abteilungen führt zu Missverständnissen und unkoordinierten Entscheidungen.

Die Herausforderungen der Transformation wie etwa die Verkürzung von Entwicklungszeiten, die Bewältigung der steigenden Komplexität der Produkte, dynamische Markt- und Kundenanforderungen sowie die Innovationsdynamik, die von der Software ausgeht, lassen sich so immer weniger bewältigen.

Insgesamt sieht sich das Engineering in dieser Situation aufgerieben zwischen Bürokratie und strategischen wie operativen Flexibilitätsanforderungen. In den Fallstudien haben wir viele Hinweise auf die Folgen nicht nur für Effizienz gefunden. Entsprechende Berichte verwiesen auch auf sinkende Motivation der Mitarbeiter, Frustration über mangelnde Entscheidungsfreiheit und fehlende Wertschätzung ihrer Ideen. Gleichzeitig nimmt die Gefahr zu, dass mangels Einsicht des Managements in die Erfordernisse der Entwicklungsarbeit Effizienzprobleme und lange Entwicklungszeiten den Entwicklern, ihrer »Ingenieurskultur« und ihrer geringen Veränderungsbereitschaft angelastet werden.

Erfolgsfaktor Agilität

Kundenorientierung, Flexibilität, experimentelles und iteratives Vorgehen sowie die produktive Nutzung von Engagement, Kreativität und Selbstorganisationsfähigkeit der Mitarbeiter, Transparenz der Kommunikation – darauf deuten die skizzierten Transformationstrends – werden stattdessen zu zentralen Erfolgsfaktoren. Das Automotive Engineering steht vor der Herausforderung, Strukturen und Prozesse wieder agiler zu gestalten, um weiter mithalten und seine Innovationsstärke tatsächlich ausspielen zu können.

Ursprünglich in der Softwareentwicklung entstanden, hat sich Agilität mittlerweile zu einem universellen Ansatz entwickelt, der auf dynamische und komplexe Umfeldern zugeschnitten ist. Sowohl für die Arbeitsgestaltung (z. B. Scrum) als auch für die Organisationsentwicklung (z. B. das Spotify-Modell oder Holokratie) werden unter diesem Stichwort Lösungen vorgeschlagen, um diese Ziele

zu erreichen. Auch für die Automobilindustrie bieten sie Potenziale, die starre Prozesslogik zu überwinden und die Innovationskraft in einem schnelllebigen Marktumfeld zu stärken.

IT- und Tech- Unternehmen profitieren von der bereits weiter fortgeschrittenen Transformation ihrer Branchen und treten mit ihren Erfahrungen mit agilen Organisations- und Arbeitsformen in die Automobilbranche ein. Informatiker und Softwarespezialisten versuchen, ihre Vorstellungen von agilen Arbeitsformen und den damit einhergehenden Wertvorstellungen (z. B. Autonomie, sinnvolle Arbeit, Work-Life-Balance, Engagement und Wertschätzung) auch in der Automobilbranche umzusetzen. Chinesische Automobilunternehmen setzen eher auf hybride Lösungen mit agilen, hierarchischen und politischen Elementen, die von vornherein auch Innovationsnetzwerke sowie die Produktions- und Lieferkette einbeziehen.

Lean vs. Agile

In der Bearbeitung der Flexibilitätsanforderungen liegt es für viele Unternehmen nahe, an Lean-Prinzipien anzuknüpfen, die seit den 1990er Jahren diskutiert und teilweise eingeführt wurden, um verkrusteten Unternehmensstrukturen und ineffizienten Prozessen entgegenzuwirken.

An sich liegen in den Konzepten von Lean Production und Ganzheitlichen Produktionssystemen einige vorwärtsweisende Ansätze, die auf eine Überwindung dysfunktionaler Hierarchien, kontinuierliche Verbesserung und eine Verlagerung von Entscheidungskompetenz an den Ort des Geschehens zielen. Doch trotzdem – so zeigt eines unserer Fallbeispiele – droht hier eine Sackgasse.

Prozessstabilität vs. Flexibilität: Eine grundsätzliche Problematik des Lean-Verständnisses, das sich in Europa herauskristallisiert hat, liegt in dem Fokus auf Prozessoptimierung: eine effiziente und schlanke Prozessgestaltung durch die Beseitigung von Verschwendung und kontinuierliche Verbesserung. Sie können in der Transformation in Widerspruch zu den Herausforderungen an Flexibilität und auch einer experimentellen Suche nach neuen Lösungen geraten. Dies gilt umso mehr, als die europäische Interpretation sehr frei mit dem ursprünglichen Toyota-Konzept umgegangen ist und zentrale Bausteine, die heute Lösungsbeiträge leisten könnten, ausgeblendet hat.

Standardisierung vs. Iteration: Ein weiterer Knackpunkt liegt in der Rolle von Standards. Waren Standards im ursprünglichen Toyota-Konzept flexibel und dynamisch als Baustein lernender Organisationen angelegt, wurden sie in vielen Automobilunternehmen als statische Vorgaben und Kontrollinstrumente implementiert. Rund um standardisierte Prozesse ist vielfach eine Bürokratie mit Eigenleben entstanden, die Lernen und Flexibilität eher verhindern als ermöglichen und insbesondere den Nutzen von KVP-Prozessen unter Transformationsbedingungen erheblich einschränken kann. Demgegenüber zielen agile Ansätze direkt auf iterative Entwicklungszyklen, um regelmäßig Anpassungen vorzunehmen.

Langfristige Effizienz vs. Kurzfristige Anpassungen: Lean Management zielt darauf ab, langfristige Effizienz und Prozessstabilität zu erreichen. Gelingt dies nicht wie in unserem Fallbeispiel (Planung in der Produktion) etwa aufgrund regelmäßiger Störungen in der Lieferkette oder variablen Kundenanforderungen, droht die Gefahr, einfach weiter auf die Rückkehr von Stabilität zu warten und damit verbundene Störungen und Ineffizienzen in Kauf zu nehmen, statt Planungsprozesse konzeptionell

auf die gestiegene Unsicherheit einzustellen. Demgegenüber setzen Agile Ansätze auf kurzfristige Anpassungen und schnelle Reaktionen und eröffnen so die Chance auf Lernprozesse.

Empowerment von Teams vs. Rädchen im Getriebe. Eine weitere Blindstelle ist das Empowerment der Teams. Die Tendenz zu starren, standardisierten Prozessen fordert von Teams und Mitarbeitern, diese Prozesse zu bedienen und sich regelkonform zu verhalten. Gestaltungsmöglichkeiten sowie die regelmäßige Überprüfung und Veränderung von Prozessen und Arbeitsweisen ist nicht vorgesehen. Demgegenüber sind in agilen Arbeitsformen in den Retrospektiven und in agilen Rollen Mechanismen eingebaut, die eine weitgehende Verlagerung von Entscheidungen und Gestaltungskompetenz in die Teams vorgesehen.

Insgesamt ist also in der verstärkten Umsetzung von Lean-Prinzipien im Engineering Vorsicht geboten. Auch wenn hier durchaus Lösungspotenziale liegen: Es gilt, sich von der Lesart der 1990er Jahre zu lösen und die Prinzipien vor dem Hintergrund der aktuellen Situation mit hohen Flexibilitätsanforderungen anzupassen.

Demgegenüber sind agile Ansätze und Denkweisen direkt auf zentrale Herausforderungen der Transformation zugeschnitten. Hier können Unternehmen viel lernen, welche Lösungen sowohl in der Arbeitsgestaltung als auch in der Organisationsentwicklung vorgeschlagen werden, und ggf. nach Good Practice bzw. Erfahrungen in Unternehmen mit vergleichbaren Herausforderungen Ausschau halten.

Agile Engineering: Stand und Perspektiven

Agile Engineering hat in den letzten Jahren zunehmend Aufmerksamkeit in der Automobilbranche erhalten, bleibt jedoch in der Praxis eine Herausforderung.

Ihren Ursprung haben Agile Methoden in der Entwicklung von Anwendungssoftware. Hier wird Software bereits seit längerer Zeit flexibel und iterativ entwickelt. Änderungen im Code lassen sich schnell umsetzen und testen, was kurze Entwicklungszyklen und kontinuierliches Feedback ermöglicht. Zudem wird agile Softwareentwicklung mittlerweile als State of the Art wahrgenommen und ist entsprechend im Selbstverständnis vieler Softwareentwickler verankert.

Doch im Automotive Engineering geht es in weiten Teilen nicht um die Entwicklung von Anwendungssoftware, sondern um die Entwicklung von Embedded Software im Rahmen mechatronischer Systeme mit besonderen Anforderungen an Funktionalität und Sicherheit. Hier zeigt sich: Bereits die Einführung agiler Methoden in der Entwicklung von Automotive Software gestaltet sich schwierig. Denn hier sind Wege zu finden, um sie mit der Norm ISO 26262, die sich mit der funktionalen Sicherheit von elektrischen und elektronischen Systemen in Straßenfahrzeugen befasst, unter einen Hut zu bekommen.¹⁵

Hinzu kommt, dass die Entwicklung mechanischer oder mechatronischer Komponenten umfangreiche physische Prototypen und Tests, um Faktoren wie Materialeigenschaften, Fertigungstoleranzen

¹⁵ Vgl. ZVEI (2021)

und Sicherheitsstandards zu berücksichtigen. Diese physischen Constraints führen zu längeren Entwicklungszyklen und erschweren die iterative Anpassung, was ebenfalls in der Implementierung agiler Vorgehensweisen zu berücksichtigen ist.

Zudem haben sich in der Entwicklung mechanischer und mechatronischer Komponenten traditionelle Vorgehensmodelle etabliert, die tief im Selbstverständnis dieser Bereiche, in den Sichtweisen des Managements und in den regulatorischen Rahmenbedingungen verankert sind. Beispielsweise folgt die mechanische Konstruktion häufig dem V-Modell, das einen sequenziellen Entwicklungsprozess mit klar definierten Phasen und Meilensteinen vorsieht. Dieses Modell betont eine umfassende Planung und Dokumentation, was in stark regulierten Branchen wie der Automobilindustrie essenziell ist, um Sicherheits- und Qualitätsstandards einzuhalten. Regulatorische Anforderungen, wie die EU-Typgenehmigung, verlangen detaillierte Nachweise über den gesamten Entwicklungsprozess, was die Anwendung agiler, iterativer Methoden erschwert. Zudem sind in diesen Bereichen disziplinentorientierte Silos entstanden, in denen spezifische Entwicklungsmethoden tief verwurzelt sind, was die Einführung interdisziplinärer und agiler Ansätze zusätzlich behindert.

Entsprechend haben wir in unseren Fallstudien häufig gehört: »Das geht bei uns nicht.« – Diese Aussage spiegelt eine weit verbreitete Haltung wider, wenn agile Modelle aus der Softwareentwicklung als unpraktikabel angesehen werden. Gesucht wird nach Patentlösungen, die 1:1 passen.

Trotz dieser häufig zu hörenden Skepsis spielen agile Vorgehensmodelle, Methoden und Techniken auch in der Entwicklung physischer Produkte in der Fahrzeugindustrie eine zunehmende Rolle¹⁶. Eingesetzt werden v. a. Scrum, Kanban, Design Thinking, Devops, SAFe, Testdriven Development und verschiedene selbstentwickelte Vorgehensmodelle.¹⁷

Dabei entstehen häufig **hybride Modelle**, die agile Arbeitsformen in die gegebenen hierarchischen Entscheidungsstrukturen umsetzen und klassische Entwicklungsprozesse mit agilen Prinzipien kombinieren. In unseren Fallstudien kamen hier insbesondere die Herausforderungen zu Sprache, wenn agile Teams in hierarchischen Strukturen eingebettet sind. Dies kann zu erheblichen Spannungen führen.

Ein aktuell breit diskutiertes Thema ist »**Fake Scrum**«, also die unvollständige oder fehlerhafte Implementierung von Scrum, die so weit gehen kann, dass lediglich traditionellen Führungsfunktionen und Job Profilen umbenannt werden. Führungskräfte oder Projektmanager werden hier zu Product Ownern und behalten ihr Führungs- und Rollenverständnis bei. Die Vorteile agiler Methoden können so nicht realisiert werden. Zudem entsteht häufig Frustration bei den Mitarbeitenden, da die versprochene Autonomie und Flexibilität ausbleiben. Dies kann die Motivation und Produktivität der Teams beeinträchtigen. Ein weiterer kritischer Punkt ist die Gefahr, dass »Fake Scrum« bestehende Dysfunktionen in der Organisation verdeckt, anstatt sie offenzulegen und zu adressieren. Dies verhindert notwendige Verbesserungen und kann langfristig die Wettbewerbsfähigkeit des

¹⁶ Darauf verweist eine jährlich durchgeführte Studie zur agilen Entwicklung physischer Produkte (Weiss et al. 2023)

¹⁷ Auf diese in der Praxis eingesetzten Modelle und Methoden verweist jedenfalls eine Studie zur agilen Entwicklung physischer Produkte (Nicklas et al. 2021), in der die Automobilbranche neben dem Maschinen- und Anlagenbau eine zentrale Rolle spielt. Weiss, Stefan; Michalides, Marvin; Pendzik, Martin; u. a. (2023): Agile Entwicklung physischer Produkte 2023

Unternehmens beeinträchtigen. Letztlich kann die Einführung von »Fake Scrum« zu einem Vertrauensverlust in agile Methoden insgesamt führen, was die Bereitschaft zur Umsetzung echter agiler Praktiken insbesondere auch in den softwarefernen Engineering-Bereichen in der Zukunft mindert.

Ein weiterer Knackpunkt in der Umsetzung agiler Arbeitsformen wie Scrum liegt in den Folgen für die **Arbeitsbelastung**. Scrum zielt darauf ab, Effizienz und Flexibilität von Teams zu erhöhen. Dabei greifen verschiedene Prinzipien ineinander, die auf eine hohe Taktung in kurzen Sprints zielen und so eine erhebliche Leistungsverdichtung mit sich bringen können. So kann sich z. B. das Team selbst durch eine unrealistische Arbeitsplanung unter Druck setzen, Führungskräften aus der Linie können auf die Arbeitsplanung des Teams Einfluss nehmen und so die Selbstregulationsfähigkeit des Teams unterminieren. Auch der parallele Einsatz von Mitarbeitern in einem agilen Team und in der Linie führt häufig zu Problemen, ebenso wie ein ungenügendes Rollenverständnis von Product Owner und Scrum Master. Unter diesen Bedingungen kann agiles Arbeiten schnell zu einer selbstorganisierten Leistungsverdichtung und »Arbeiten wie am Fließband« werden.

Empowerment vs. Fake Agile

Das Automotive Engineering steht in der Transformation vor der Herausforderung, Lösungen für die Flexibilitätsanforderungen zu finden, die aktuell von verschiedenen Transformationstreibern ausgehen: die geforderte Verkürzung der Entwicklungszeiten, die Entwicklungslogik und agile Vorgehensweisen in der Softwareentwicklung, Anforderungen an eine disziplinenübergreifende Integration von Teilprozessen in Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung und die zunehmende Instabilität der Rahmenbedingungen lassen sich mit den aktuellen Vorgehensweisen und Prozessen nicht mehr befriedigend bewältigen. Sie sind ursächlich verbunden mit Ineffizienzen, Einschränkung von Innovationsfähigkeit und einer steigenden Belastung der Mitarbeiter. Es wird zur zentralen Transformationsaufgabe in den Unternehmen, sich diesen Herausforderungen zuzuwenden, die Arbeit im Engineering mit Blick auf Blockaden, die einer erfolgreichen Transformation entgegenstehen, auf den Prüfstand zu stellen und die Weichen Richtung Agilität zu stellen.

Konzeptionell bieten hier vor allem Konzepte des Agile Engineering Lösungsansätze. Sie werden bereits in vielen Unternehmen eingesetzt. Dies gilt insbesondere für die Softwareentwicklung, aber auch in anderen Entwicklungsbereichen.

Auf dem Weg zu mehr Agilität geht es darum, nicht auf Patentrezepte zu hoffen, sondern eigene Vorgehensmodelle zu entwickeln, die der Spezifik der jeweiligen Anforderungen von Produkt, Unternehmenskultur und Marktsituation gerecht werden. Generell kann man hier jedoch sagen, dass Unternehmen bereit sein müssen, traditionelle Hierarchien zu hinterfragen und Lösungen für Probleme zu finden, die im Spannungsfeld von Selbstorganisation in agilen Teams und Hierarchie systematisch angelegt sind. Der Wandel der Unternehmens- und Führungskultur, Entscheidungen über einen geeigneten organisatorischen Rahmen für agile Teams sowie eine Personalentwicklung, die auf eine Angleichung unterschiedlicher disziplinärer Kulturen und Fachkompetenzen in Mechanik-, Elektronik- und Softwareentwicklung hinwirkt, werden hier auf jeden Fall dazu gehören müssen.

Dreh- und Angelpunkt dabei ist die Frage, wo die erforderliche Flexibilität herkommen soll. Lösungen für die skizzierten komplexen Herausforderungen der Transformation lassen sich nur begrenzt

planen und nicht verordnen. Benötigt wird das Engagement der Mitarbeiter, die mit Erfahrung, fachlicher Kompetenz und Kreativität im Arbeitsalltag funktionierende Lösungen entwickeln können, sofern hierfür geeignete organisatorische Rahmenbedingungen vorliegen. »Empowerment«¹⁸ der Mitarbeiter bedeutet in diesem Kontext also die Freiheit, eigenständig Entscheidungen zu treffen und Arbeitsprozesse zu steuern, die Einbindung in Entscheidungsprozesse und die Gestaltung von Arbeitsabläufen, die Verantwortungsübernahme für sich, für das Team und für die Unternehmensziele sowie eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung.

Eine häufig vorzufindende Lösung in Unternehmen sind hybride Modelle, die die traditionelle und die agile Engineering-Welt verbinden, etwa in Form von Scrum-Teams in einer hierarchischen Unternehmensumwelt mit entsprechendem Führungsverständnis. Hier liegen eine Reihe von Fallstricken, die dazu führen können, dass sich hinter der Bezeichnung »Agiles Team« Arbeitsformen und Prozesse entwickeln, die weder den Unternehmenszielen noch den Erwartungen der Beschäftigten an mehr Autonomie und effiziente Arbeit entsprechen. Es besteht die Gefahr, dass so die Potentiale agiler Vorgehensweisen für die Bewältigung der Transformation nicht erkannt und Agilität als Lösungsansatz sowohl im Management als auch bei den Mitarbeitern verbrannt wird.

3.6 Digitale Transformation

Die Digitale Transformation bewegt das Automotive Engineering an mehreren Flanken:

- neue, datengetriebene Services und Geschäftsmodelle,
- das Fahrzeug als smartes System,
- Industrie 4.0 und die Digitalisierung des Produktionssystems sowie
- digitale Tools und Infrastrukturen, die den Engineering-Prozess verändern.

Diese Dimensionen der Digitalisierung sind eng miteinander verknüpft, wie z. B. das Beispiel Digitaler Zwilling zeigt, der über den gesamten Produktlebenszyklus des Fahrzeugs hinweg zum Einsatz kommt.

Computer und das moderne Engineering sind seit nunmehr fast 100 Jahren nicht zu trennen. Schon Konrad Zuse wollte sich seine Arbeit als Bauingenieur mit seinem Z1 vereinfachen. Seitdem sind Digitalisierung und Prozesse im Engineering eng miteinander verbunden. Form, Volumen und Komplexität von Daten/Informationen, die eingesetzten Methoden, individuelle Arbeitsweisen und Arbeitsweisen im Team, Arbeitsteilung im Entwicklungsprozess, die Raum-/Zeitstrukturen der Entwicklungsarbeit und vieles mehr sind unmittelbar an Software und die dort programmierten Modelle von Prozessen und Arbeit gekoppelt.

Die enge Kopplung von Digitalisierung und Arbeitsgestaltung beginnt bereits in der Entwicklung von Tools. Hier orientieren sich Entwickler an Use Cases, die im Regelfall verallgemeinerte Theorien über den State of the Art und Zukunftstrends in der Entwicklungsarbeit enthalten. Im betrieblichen Einsatz sind moderne Entwicklungstools dann zwar in gewissem Maße anwendungsoffen, so dass sehr unterschiedliche Nutzungsformen möglich sind. Ihre Potenziale werden diese Tools in der Re-

¹⁸ Fallbeispiele und Erläuterungen dazu finden sich in Boes et al. (2020). Handlungsempfehlungen für die betriebliche Interessenvertretung finden sich bei Baukowitz/Hageni (2020).

gel erst dann voll entfalten, wenn flankierend zum technischen Roll-Out Arbeitsprozesse neugestaltet werden, statt zu versuchen, die alten Strukturen und Vorgehensweisen durch Workarounds und Einschränkung von Funktionalitäten aufrechtzuerhalten.

Dabei sind es vor allem die qualitativen Sprünge in den IT-Architekturen und Softwaretools die das Engineering vor erhebliche Herausforderungen stellen. Dies sind insbesondere

- moderne Kollaborationsplattformen in der Cloud,
- erweiterte Möglichkeiten der Automatisierung repetitiver und zeitaufwändiger Aufgaben,
- Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen, die es ermöglichen, Muster in großen Datenmengen zu erkennen, Prognosen zu erstellen und komplexe Systeme zu optimieren,
- 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.

Von diesen modernen digitalen Tools und Infrastrukturen gehen Veränderungsimpulse aus, die auf allen Ebenen eines Arbeitssystems wirksam werden:

- **Arbeitsgegenstand:** moderne MBE-Tools modellieren komplexe mechatronische oder smarte Systeme mit ihren Subsystemen und den jeweiligen Wechselwirkungen
- **Arbeitsteilung:** Mit der Automatisierung und Integration von Teilprozessen ändern sich die Parameter einer sinnvollen Arbeitsteilung im Prozess.
- Formen der **Zusammenarbeit:** die Integration Infrastrukturen und Tools schaffen neue Potentiale für Echtzeit-Kollaboration, disziplinen-, bereichs- und standortübergreifende Kollaboration sowie schnellere Iterationen und Feedback-Zyklen.
- **Arbeitsmethoden:** die disziplinen- und produktlebensphasenübergreifende Integration von Arbeitsmethoden, erweiterte Möglichkeiten, Simulationen, Optimierungs, Analyse -und Diagnoseverfahren einzusetzen sowie die Unterstützung agiler Methoden (Scrum), erfordert eine Anpassung der Arbeitsweisen von Mitarbeitern und Teams.
- **Prozesse und Entwicklungszyklen:** Modellbasierte Entwicklung, Simulation, Digitaler Zwilling, Big Data und Predictive Analytics ermöglichen schnellere Iterationen und Feedback-Zyklen. die sich nicht immer gut mit etablierten Prozessstandards (z. B. V-Modell, Automotive Spice oder ISO 26262), bürokratischen Hierarchien und starren Organisationsstrukturen vereinbaren lassen.

Mit dem Ziel, Entwicklungszeiten zu verkürzen und Produkte schneller zur Marktreife zu bringen, werden aktuell Potenziale dieser Technologien von Technologieführern, OEMs und Zulieferern, die entsprechende Investitionen tätigen können, verstärkt ausgeschöpft. Sie verändern damit Quasi-Standards zu Effizienz (Kosten und Entwicklungszeiten), Flexibilität, Integration und Innovation in einen überbetrieblichen Produktlebenszyklus in der Automotive-Entwicklung.

Zu unseren Fragen nach Stand und Perspektiven der digitalen Transformation wurde uns ein Bild gezeichnet, das von »Digital arbeiten wir in der Steinzeit« über »Wir arbeiten state of the art« bis hin zu »Aber morgen lösen wir all unsere Probleme mit KI« reichte.

Ein Szenario »**Digitalisierung im Wolkenkuckucksheim**« sehen wir dort, wo Visionen digitaler Technologien (etwa KI-Nutzung) als technische Lösung aktueller Probleme propagiert und gegen Lösungsstrategien, die auf Organisationsentwicklung, Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung setzen, in Stellung gebracht werden – ohne hinreichende Berücksichtigung realistischer Potenziale und Use Cases dieser Technologien. Dies haben wir insbesondere dort gefunden, wo bei Konflikten rund um nicht funktionierende Prozesse z. B. zwischen heimischen und Nearshore-Standorten auf digitale Lösungen verwiesen wird, die fehlende Kooperation und Kommunikation ersetzen sollen.

Diesem Vorgehen steht vielfach ein **Rückstand** in der digitalen Transformation des Engineering gegenüber. Dies wird nicht erst heute diagnostiziert, erschien aber lange Zeit verkraftbar bzw. war ein Thema von Nerds, die auf die Hemmnisse hinweisen, die für den Engineering-Prozess entstehen, wenn mit Tools wie Excel und veralteten Infrastrukturen gearbeitet wird, die nicht in der Lage sind, die zunehmende Komplexität der Daten und der damit verbundenen Kooperationsbeziehungen abzubilden.

Doch in dem Maße, wie globale Player auf dem Markt die Potenziale digitaler Technologien für die Integration und Beschleunigung von Prozessen nutzen, werden Nachzügler nun gleichzeitig an verschiedenen Flanken unter Druck gesetzt. Für sie gilt es, nicht nur einen Rückstand aufzuholen, sondern sich sehr schnell in einem dynamischen Feld neuer Technologien und Nutzungsformen zurechtzufinden.

In der Vergangenheit wurde vielfach an Investitionen in jeweils aktuelle Technologien gespart. Lernprozesse und entsprechende Nejustierungen in Arbeitsgestaltung, Organisation und Qualifikation blieben aus, die für den aktuellen Sprung in den digitalen Tools eine geeignete Basis hätten schaffen können. »Können wir diesen Rückstand aufholen?« – so vielerorts die besorgte Frage. Die Digitale Transformation des Engineerings braucht in vielen Unternehmen mehr Aufmerksamkeit und strategische Orientierung. Denn es gilt, sehr schnell und in enger Kopplung von Technologieentscheidung, technischem Rollout, Arbeitsgestaltung, Organisationsentwicklung und Qualifizierung Weichen zu stellen für ein erfolgreiches Engineering in einer global vernetzten Welt.

Die Alternative zu einer proaktiven und ganzheitlichen Gestaltung ist eine **Transformation durch die Hintertür**. Sind die Herausforderungen für bestehende Arbeits- und Managementkulturen sowie Organisationsstrukturen zu groß, um sie transparent und vorausschauend zu adressieren, wird die digitale Transformation schnell zu einem reaktiven, konfliktbeladenen Prozess. Moderne digitale Tools und Infrastrukturen treten in einen spürbaren Widerspruch zu den bestehenden Arbeits- und Managementkulturen und sind dann mit erheblichen Reibungsverlusten in Form von Effizienzproblemen und Konflikten zwischen Management und operativen Bereichen verbunden, in denen es typischerweise um Überlastung, fehlende Unterstützung und Ressourcen, hohen Krankenstand und mangelnde Motivation geht.

Digitalisierung ganzheitlich gestalten!

Die Digitalisierung ist im Automotive Engineering ein zentraler Transformationstreiber. Viele Unternehmen, die diesem Thema in der Vergangenheit nur wenig Relevanz beigemessen haben, sehen sich jetzt in der Situation, sehr schnell einen teilweise erheblichen Rückstand aufzuholen.

Dafür braucht das Engineering in vielen Unternehmen mehr Aufmerksamkeit und strategische Orientierung in der digitalen Transformation. Denn es gilt, in enger Kopplung von Technologieentscheidung, technischem Rollout, Arbeitsgestaltung, Organisationsentwicklung und Qualifizierung Weichen zu stellen für ein erfolgreiches Engineering in einer global vernetzten Welt, das digitale Potenziale etwa hinsichtlich Beschleunigung, Komplexitätsbewältigung und Integration ausschöpft.

3.7 Transformation in der betrieblichen Praxis: Was tun?

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 Fahrzeug 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 verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus hinweg gemeinsam 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 Wolkenskuckucksheim 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 empower 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. Sie machen das Engineering für das Management aktuell vermehrt zum Problemfall. Es wird Skepsis laut. »Zu teuer, zu langsam, zu wenig pragmatisch, zu wenig kostenorientiert und zu wenig Ahnung von Software«. Für die Beschäftigten droht das Engineering zu einem Job mit hohen Belastungen zu werden, die nicht durch anspruchsvolle Innovationsaufgaben entstehen, sondern durch die alltägliche Herausforderung, nicht funktionierende Prozesse und Fehler zu kompensieren. Hinzu kommen Themen wie unsichere Zukunft, Abkopplung vom State of the Art, Fehlspezialisierung, Sinnverlust und abnehmende Wertschätzung, die in unseren Interviews eine Rolle spielten.

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 Katalysator 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 Innovationsnetzwerken 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 zunehmender Unzufriedenheit der Mitarbeiter thematisiert werden, zeigen, dass es hierbei nicht nur um eine in Zukunft zu erreichende Zielmarke geht. Die Anforderungen sind längst im Arbeitsalltag angekommen und treffen hier nicht auf tragfähige Lösungen.

Es gilt also, hier 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 kollektiven Lernprozess** setzt darauf, Mitarbeiter und operative Führungskräfte 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 Engage-

ment, Kreativität und Vertrauen in die Zukunft mobilisieren, die aktuell auch im Automotive Engineering verloren zu gehen drohen.

4 Engineering-Kompetenz in der Transformation

Die erfolgreiche Bewältigung der Transformation ist auch ein Thema von Kompetenz und Qualifizierung, das sich als Querschnittsthema durch die in Kapitel 3 vorgestellten Transformationsaufgaben des Engineerings zieht. Die Einstellung auf das Fahrzeug der Zukunft, der organisatorische Umbau des Engineerings, Zusammenarbeit in globalen Innovationsnetzwerken, Anforderungen an Agilität sowie die digitale Transformation des Engineerings – der fundamentale Wandel der Entwicklungsarbeit spiegelt sich auch auf der Ebene von Kompetenzen und Qualifizierung wider.

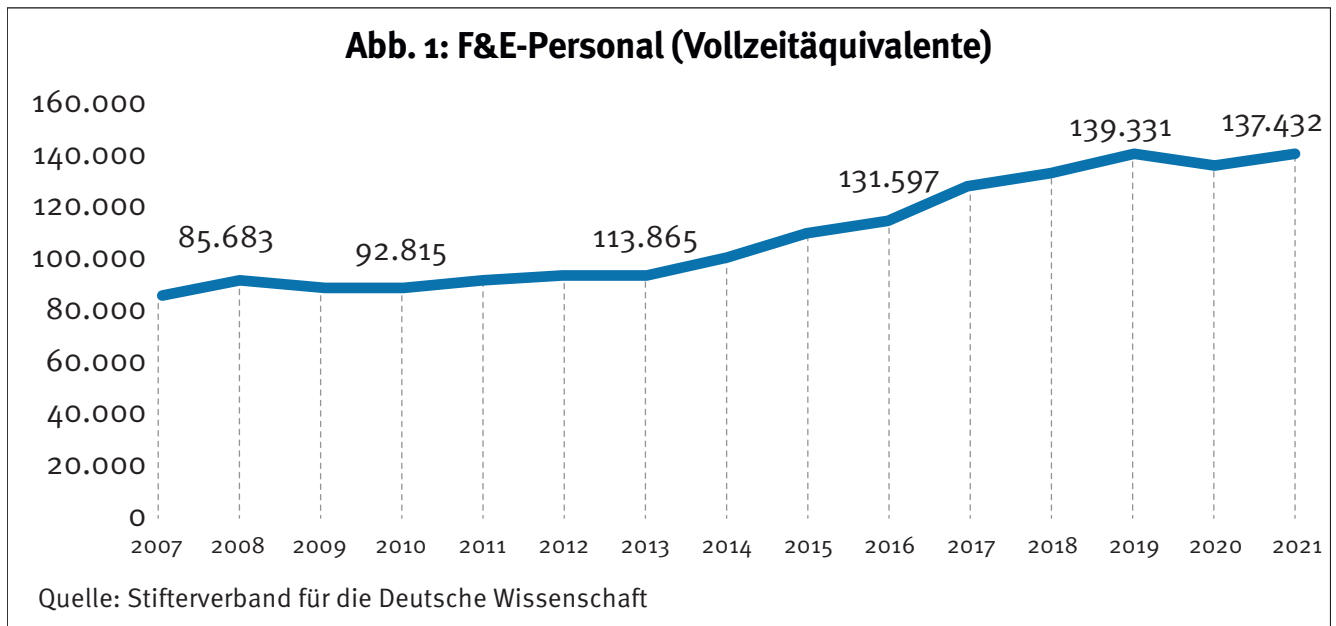
Zunächst wird die Beschäftigtenstruktur im Engineering in den Blick genommen. Denn es wird erforderlich sein, eine differenzierte Sicht auf verschiedene Beschäftigtengruppen und ihre spezifischen Kompetenzthemen zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund werden dann unsere Erkenntnisse zu dem Kompetenzwandel in der Transformation vorgestellt, auf die wir in den Fallstudien gestoßen sind. Zum Abschluss wird ein Blick auf die Transformation in der aktuellen Ausbildungslandschaft an Hochschulen und in den Metall- und Elektroberufen geworfen.

4.1 Beschäftigte im Automotive Engineering

Die Zahl der F&E-Beschäftigten in der Automobilbranche bewegt sich weiterhin auf hohem Niveau. Im Jahr 2021 waren ca. 147 Tsd. Menschen bei Herstellern von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29) beschäftigt, was ca. 137 Tsd. Vollzeitäquivalenten entspricht. Damit steht die Automobilbranche weit vorn im Vergleich mit anderen Branchen. Ein sehr großer Teil (knapp 30%) des F&E-Personals ist dabei in Bayern beschäftigt. Mehr F&E-Personal findet sich unter den Bundesländern nur in Baden-Württemberg (ca. 40%).

Bundesweit hat unter anderem die Pandemie nach einer langen Phase kontinuierlichen Anstiegs zu einer Reduktion des F&E-Personals geführt, allerdings sehr viel moderater als das Zurückfahren der internen FuE-Aufwendung, die im Jahr 2020 um 13,6% geringer ausfielen. Im Jahr 2021 konnte allerdings noch nicht das Vor-Corona-Niveau erreicht werden.¹⁹

19 https://www.stifterverband.org/zahlenwerk_2023



Diesem sehr hohen Beschäftigungsniveau steht eine relativ geringe Arbeitslosenquote (Akademiker) von 3,5 % gegenüber, die allerdings auch im Vergleich zu den 2,5% in den Vor-Corona-Jahren leicht erhöht ist.²⁰

Qualifikationsstruktur

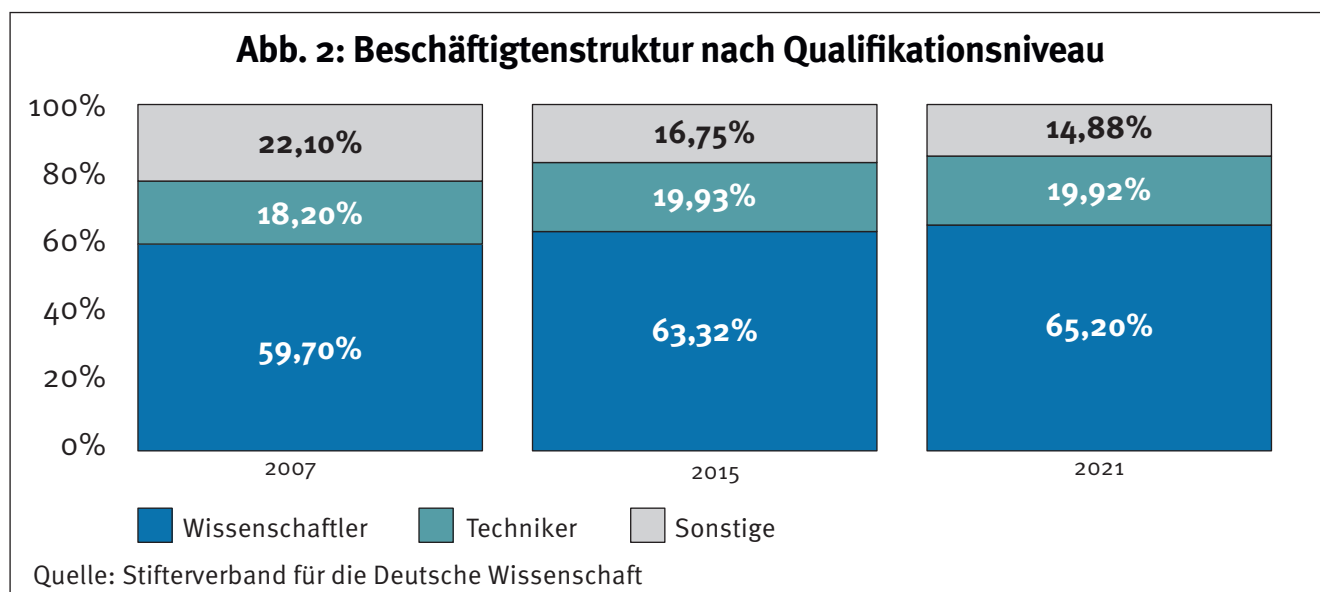
Engineering-Kompetenz ist nicht allein eine Domäne von Ingenieuren. Sie wird auch durch Facharbeitsberufe getragen. Während zumindest historisch gesehen die Ingenieure eher die theoretisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse in die Entwicklung einbringen, ist es bei den Facharbeiterberufen die praktische Erfahrung und auch das Experimentieren. Technische Zeichner/Produktdesigner, technische Systemplaner, Modellbauer, Techniker, Meister und andere Berufe machen durch ihr hohes Qualifikationsniveau verbunden mit Praxiserfahrung eine zentrale Stärke industrieller Produktionssysteme in Deutschland aus.

Die Arbeitsteilung zwischen ihnen und den Ingenieuren ist dabei nicht festgefügt, sondern immer auch eine Frage der konkreten Arbeitsgestaltung im Betrieb sowie davon, welche Berufsgruppe die professionelle Zuständigkeit für Aufgaben erfolgreich für sich reklamieren kann.

Schaut man sich branchenübergreifend die Beschäftigtenstruktur in Forschung und Entwicklung (F&E) im historischen Verlauf an, so zeigt sich, dass der Anteil hochqualifizierter Beschäftigter, also insbesondere der Ingenieure kontinuierlich steigt. Zwischen 1983 und heute ist ein Anstieg von ca. 33 % auf ca. 58 % zu verzeichnen. Für die Branche 29 (Hrst. v. Kraftwagen u. Kraftwagenteilen) zeigt sich eine vergleichbare Zunahme. Der Anteil der »Wissenschaftler« lag 2021 bei 65,2%.²¹

²⁰ BA 2022 Ingenieure Maschinen- und Fahrzeugtechnik

²¹ 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, ungelernete und angelernte Hilfskräfte sowie Buchhalter, Lagerverwalter, Verwaltungssachbearbeiter und Schreibkräfte, die direkt im FuE-Bereich tätig sind. (https://www.stifterverband.org/zahlenwerk_2023)



Frauen im Automotive Engineering

Ein weiteres Kennzeichen der Beschäftigtenstruktur im Engineering ist der sehr geringe Anteil von Frauen. Der Frauenanteil in der F&E der Gesamtwirtschaft betrug im Jahr 2021 ca. 19% und blieb damit seit 2001 (Beginn der Datenerhebung des Stifterverbands) weitgehend konstant und auch offensichtlich unberührt von den vielen Maßnahmen, den Frauenanteil in MINT-Berufen zu erhöhen. In der Automobilbranche liegt der Anteil noch einmal deutlich darunter bei insgesamt 11,4%. Die Branche bildet damit das Schlusslicht aller Branchen.²² Vor dem Hintergrund des aktuellen Fachkräftemangels wäre dies sowohl betrieblich als auch überbetrieblich ein Handlungsfeld.

Fachkräftemangel

Allgegenwärtig sind aktuell Fachkräfteengpässe. Die Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (BA) liefert einen detaillierten Überblick über Berufe, in denen es einen Mangel an Fachkräften gibt. Ab einem Wert von 2,0 schließt die BA auf einen Engpassberuf. Von 1,5 bis 2,0 ist der Beruf unter Beobachtung. Unter 1,5 geht die BA nicht von einem Engpassberuf aus. Zum Beispiel: Berufe in der Mechatronik weisen für Fachkräfte [Definition Qualifikationsniveaus] einen Wert von 2,3 (von 3,0) auf und sind damit eindeutig vom Fachkräftemangel betroffen. Für Experten der Mechatronik liegt der Wert mit 1,7 deutlich darunter, weshalb sie als noch nicht betroffen gekennzeichnet sind.

Beruf	Fachkraft	Experte
Automatisierungstechnik	2,3	1,2
Elektrotechnik	2,2	2,2
Informatik	1,7	1,8
Informations- und Telekommunikationstechnik	1,8	1,8
Kraftfahrzeugtechnik	2,3	2,0

Daten: Bundesagentur für Arbeit 2023

²² https://www.stifterverband.org/zahlenwerk_2023

Maschinenbau	1,7	2,0
Maschinen- und Anlagenführung	1,5	-
Mechatronik	2,3	1,7
Regenerative Energietechnik	3,0	1,3
Softwareentwicklung	0,8	2,7
Technische Forschung	-	1,6
Technische Informatik	2,0	1,8
Technische Qualitätssicherung	1,3	2,2
Daten: Bundesagentur für Arbeit 2023		

Eindeutig als Engpassberufe definiert sind demnach auf Fachkräfteebene Berufe in der Mechatronik, Elektronik, Automatisierungstechnik, Kraftfahrzeugtechnik, regenerativen Energietechnik und technischen Informatik. Mit einem Wert von 3,0 sind Fachkräfte in der regenerativen Energietechnik maximal betroffen. Auf Ebene der Experten sind es Berufe in der Elektrotechnik, Maschinenbau, Kraftfahrzeugtechnik, technische Qualitätssicherung und Softwareentwicklung. Der Wert der Experten in der Softwareentwicklung ist mit 2,7 der höchste, womit sie als stark betroffen gelten. Lediglich in der Elektro- sowie Kraftfahrzeugtechnik besteht sowohl auf Fachkraft- als auch auf Expertenebene ein Engpass in ähnlichem Maße.

Auffällig ist, dass die Vakanzzeiten (in Tagen) für Fachkräfte in der Regel höher sind als für Experten. Für die sechs Engpassberufe auf Fachkräfteebene (s. o.) liegt die Vakanzzeit bei über 100 Tagen, wobei diese Anzahl auf Expertenebene nur einmal bei der technischen Qualitätssicherung überschritten wird. Das bedeutet, dass die Besetzung von freien Stellen im Ingenieurbereich bei Fachkräften in der Regel deutlich länger dauert als bei Experten.

Im Kontext der skizzierten Transformationstrends im Automotive-Engineering sind diese branchenübergreifenden Fachkräfteengpässe von besonderer Bedeutung. Mechatronik, Softwareentwicklung und Informations- und Telekommunikationstechnik sind zentrale Kompetenzfelder z. B. in den Themen 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. Die Aussagen von Praktikern und HR spiegeln weitgehend überbetriebliche Diagnosen wider. Eingebettet in Diagnosen zum Transformationsgeschehen in Unternehmen und Standorten jedoch sind hier häufig Fragezeichen zu setzen. Einstellungsstopp, ein Mangel an proaktiven Strategien zur Kompetenzentwicklung in Innovationsthemen oder eine mangelnde bereichsübergreifende Personalplanung werden seitens betrieblicher Praktiker als Fachkräftemangel thematisiert

4.2 Kompetenzwandel in der betrieblichen Praxis

In der Transformation ist es von entscheidender Bedeutung, aktuelle und zukünftige Kompetenzbedarfe zu erkennen und vorausschauend sowie mit geeigneten Instrumenten zu adressieren. In Kapitel 3 wurden aktuelle Transformationsaufgaben des Engineerings in der betrieblichen Praxis vorgestellt, die jede für sich weitreichende Folgen für die Kompetenzanforderungen an die Mitarbeiter haben können. Kompetenzentwicklung ist damit ein Querschnittsthema, das in dem die vielfältigen Wechselbeziehungen zu Unternehmensstrategien, Veränderungsdruck im Arbeitsalltag, Organisationsentwicklung, Digitalisierung oder Arbeitsgestaltung mitgedacht werden müssen.

Hier dokumentieren wir die Kompetenzthemen, die im Rahmen der Fallstudien eine Rolle gespielt haben. Für die betriebliche Kompetenzbedarfsanalyse bieten sie Ansatzpunkte um Themen zu priorisieren und Wechselbeziehungen zu anderen betrieblichen Handlungsfeldern zu berücksichtigen.

Technologische Kompetenzen

Die wenigsten Probleme stellen sich hier bei den vielfältigen Technologiethematen, die in der Weiterbildung zu adressieren sind, um Produktstrategien und neue Kundenprojekte umsetzen zu können. In einer technologiegetriebenen Branche werden die damit verbundenen Weiterbildungsbedarf in den Unternehmen weitgehend routinemäßig erkannt und sowohl zentral als auch dezentral adressiert. Herausforderungen zeigen sich hier vor allem darin, der Dynamik des Wandels verstärkt mit vorausschauender Qualifizierung zu begegnen und Zukunftsthemen wie z. B. KI rechtzeitig parallel zum Alltagsgeschäft anzugehen.

Systemkompetenz

Während sich einzelne Technologiethematen gut als Kompetenzanforderung identifizieren lassen, bereitet der Systemcharakter von Produkten, Technologien und Methoden mehr Schwierigkeiten. »Systemverständnis« war ein häufig genanntes Stichwort bei der Frage nach Kompetenzbedarfen.

Diese Diagnose von Praktikern spiegelt wider, dass die Systemorientierung im Engineering aktuell erheblich an Bedeutung zunimmt. Ganz neu ist sie allerdings nicht. Traditionell konzentrierte sich die Fahrzeugentwicklung auf mechanische Komponenten und deren Optimierung. Mit dem Aufkommen von Elektronik und Software in Fahrzeugen wurde jedoch ein systemorientierter Ansatz immer wichtiger. Bereits in den 1980er Jahren begann die Integration elektronischer Systeme in Fahrzeuge, was eine stärkere Vernetzung verschiedener Fahrzeugkomponenten erforderte. Bereits damals wurde ein ganzheitliches Verständnis von Fahrzeugarchitekturen notwendig und hat zur Einführung von Konzepten wie dem Systems Engineering geführt.

In den letzten Jahren hat die zunehmende Digitalisierung und Elektrifizierung der Fahrzeuge die Bedeutung der Systemkompetenz weiter erhöht. Fahrzeuge als smart Systems erfordern ein tiefes Verständnis der Interaktionen zwischen Hardware, Software und Elektronik. Dies hat z. B. dazu geführt, dass systemorientierte Ansätze und Methoden, wie das modellbasierte Systems Engineering, verstärkt in den Entwicklungsprozessen der Automobilindustrie implementiert werden. Die Entwicklung von Fahrzeugen und ihren Komponenten unter Einsatz dieser neuen Tools und Entwicklungsansätze können ohne entsprechende Systemkompetenzen nicht erfolgreich bewältigt

werden. Defizite in diesem Kompetenzfeld führen entsprechend zu weitreichenden Störungen im Prozess.

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 smarterer 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 Zielgruppen es sich handelt: Geht es um grundlegende Systemsicht auf Produkte und die eigene Arbeit oder um eine Anpassung bzw. Veränderung eines nicht mehr tragfähigen, disziplinär geprägten Systemverständnisses? Geht es darum, eine Basis für funktionierende Schnittstellen zwischen traditionell disziplinär getrennten Bereichen zu schaffen oder für ein integriertes Engineering, in dem disziplinenübergreifend eng zusammengearbeitet wird? Für Mechatronik- bzw. Elektronik-Experten, Software-Experten, Mechanik-Experten sowie die Techniker und Facharbeiter in der Entwicklung werden sich hier jeweils unterschiedliche Qualifikationsbedarfe ergeben.

Kompetenzfeld Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Traditionelle Studiengänge im Ingenieurwesen sind häufig stark disziplinär ausgerichtet, was zu einer Spezialisierung in engen Fachgebieten führt. Wird diese Spezialisierung dann im beruflichen Alltag durch gegeneinander abgeschottete Bereiche weiter stabilisiert, können sich interdisziplinäre Kompetenzen kaum entwickeln und werden in diesem organisatorischen Umfeld auch nicht benötigt.

Aktuell jedoch richtet sich der Blick vermehrt auf Probleme, 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 ein Thema, das auch etwas mit Kompetenzen zu tun hat, aber auch mit nicht funktionierenden Pro-

zessen und Blockaden im Arbeitsalltag, die insbesondere an den Schnittstellen zu anderen Fachbereichen auftreten.

Vor der Analyse des Kompetenzbedarfs sollte 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.

Mangelkompetenz Mechatronik

Der Wandel der systemischen Eigenschaften des Fahrzeugs und seiner Komponenten spiegelt sich auch darin wider, dass sich die bisher tragfähige Personalstruktur mit den jeweiligen Spezialisierungsmustern und Berufen der Mitarbeiter nicht mehr mit den Anforderungen deckt. So wird vielfach berichtet, dass Mechatronik-Kompetenzen fehlen oder so knapp bemessen sind, dass die operativen Anforderungen des laufenden Geschäfts gerade eben abgedeckt werden können. Verzögerungen im Entwicklungsprozess, eingeschränkte Funktionalität der Produkte und weitere Probleme können dann die Folge sein. So können z. B. Innovationstrends zum Produkt innerhalb des Unternehmens oder des Standorts nicht mehr im erforderlichen Maße zukunftsweisend wahrgenommen und interpretiert werden, wenn entsprechende Experten strukturell überlastet sind. Das Kompetenzdefizit ist festzustellen auf den Ebenen

- Einschlägiger Berufe bzw. Jobprofile durch Fachkräftemangel und/oder Entscheidungen des Personalmanagements (Rekrutierungsstop)
- Mechatronik als Querschnittskompetenz insbesondere bei Mechanik-Experten sowie bei Fachkräften auf mittlerem Qualifikationsniveau z. B. im Labor (Techniker, Facharbeiter)
- Mechatronik-Kompetenz auf mittlerem Qualifikationsniveau z. B. im Labor (Techniker, Facharbeiter)

Mangelkompetenz Software

Gemessen an den generellen Innovationsanforderungen fällt in vielen Unternehmen bzw. Entwicklungsstandorten ein Mangel an Softwarekompetenzen auf, 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.

Kompetenzfeld Testen und Validierung

Mechatronische und smarte Systeme erfordern umfassendere Tests und Validierungen, um sicherzustellen, dass alle Komponenten bei gestiegenem Funktionsaufwand und im Rahmen einer komplexeren Architektur des Produkts sowie der Umgebung im Auto zuverlässig funktionieren. Entsprechend steigt hier der Personalbedarf und die Kompetenzanforderungen an das vorhandene Personal ändern sich, je nachdem, wie weit die Mechatronisierung und Softwaresteuerung des Produkts bereits realisiert und im Arbeitsalltag angekommen ist. Als Kompetenzthemen wurden hier z. B. genannt:

- Kenntnisse in der Entwicklung und Implementierung automatisierter Tests für Software und Hardware.
- Expertise in der Validierung von sicherheitskritischen Systemen (z. B. ISO 26262).
- Cybersecurity: Kompetenzen zur Identifizierung und Behebung von Sicherheitslücken in vernetzten Systemen.
- Testing und Validierung von elektrischen Antriebssystemen und Batteriemanagementsystemen
- Big Data: Fähigkeiten in der Analyse großer Datenmengen, die während der Tests gesammelt werden, um Muster und Probleme zu erkennen.
- Sensorik und Aktuatorik: Verstehen der Funktion und Integration von Sensoren und Aktuatoren in mechatronischen und smarten Systemen.

Kompetenzwandel im Kontext Globalisierung

Im Kontext Globalisierung kam eine breite Palette von Kompetenzthemen zur Sprache, die sich einerseits durch die Veränderung der Aufgabenstruktur und andererseits durch die Herausforderungen einer Zusammenarbeit, 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 Entkernung²³ ihrer Fachkompetenz und sehen sich in Jobs, die sich kaum noch mit ihrer beruflichen Identität vereinbaren lassen.

²³ Vgl. Will-Zocholl (2011).

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.

»Verwissenschaftlichung« und Kompetenzentwicklung

Die Transformation des Engineerings macht die Entwicklungsarbeit abstrakter. Entwicklungsarbeit wird zunehmend von konkreten Details entlastet und tendenziell von der greifbaren physischen Welt entfernt. Es dominieren Systeme und Software. Prozesse und Tätigkeiten, die sich auf stoffliche Aspekte beziehen, verändern sich damit grundlegend. Die »Verwissenschaftlichung« der Entwicklungsarbeit wird durch den weiter zunehmenden Einsatz wissenschaftliche Erkenntnisse, Methoden und Technologien weiter vorangetrieben. Die Relevanz theoretischen Wissens steigt.

Konkret bedeutet das z. B.:

- Das Fahrzeug der Zukunft basiert auf komplexen Modellvorstellungen von Systemen und Subsystemen, die sich durch die praktische Erfahrung nicht mehr hinreichend erschließen lassen.
- Systeme bilden sich z. B. in BDE, CAD (Computer-Aided Design), Simulationstools, virtuelle Prototypen und digitalen Zwillingen ab, die ein hohes spezialisiertes Wissen für ihre Nutzung erfordern.
- Mit diesen Tools nimmt die Automatisierung vieler Routine- bzw. Umsetzungstätigkeiten ausgehend von Designentscheidungen auf der Systemebene zu, so dass entsprechende Tätigkeiten und Job Profile an Bedeutung verlieren.
- Der Einsatz von Big Data und Algorithmen zur Analyse und Optimierung von Prozessen führt zu einer zunehmenden Verwissenschaftlichung und Beschleunigung der Entscheidungsfindung. Statt physischer Prototypen können komplexe Tests und Szenarien in digitalen Umgebungen simuliert werden. Die Arbeit mit physischen Prototypen wird durch die Arbeit mit abstrakten digitalen Modellen teilweise ersetzt.
- Und auch in dem Zusammenwachsen von Mechanik, Elektronik und Informatik steckt ein Moment der Verwissenschaftlichung, denn Expertenwissen aus verschiedenen Bereichen muss auf einer weiteren Abstraktionsebene zusammengeführt werden.

Dies schafft für alle Beschäftigtengruppen und Tätigkeitsbereiche erhebliche Anforderungen, Arbeitsweisen und Kompetenzen anzupassen. Selbst Softwareentwickler, die das Denken in komplexen abstrakten Systemen quasi per Beruf mitbringen, müssen sich damit befassen, das Softwaresysteme mit Mechanik und Elektronik in neuer Form zusammenwachsen. Besonders betroffen sind allerdings die Mechanik-Experten und Fachkräfte auf mittlerem Qualifikationsniveau. Diese Beschäftigten verlassen sich in ihrer Arbeit auf Erfahrungswissen, Intuition und heuristischen Datenanalysen, die ihnen helfen, in unsicheren oder dynamischen Situationen schnell zu handeln,

Komplexität zu reduzieren und innovative Lösungen zu finden. Nun sind sie gefordert, sich grundsätzlich auf eine fachfremde Systemlogik sowie eine zunehmende Entfernung ihrer Arbeit von der greifbaren physischen Welt einzustellen. Dies kann einen schwerwiegenden Eingriff in die berufliche Handlungskompetenz und berufliche Perspektiven in der Entwicklung bedeuten.

Mechanik-Experten sehen sich durch eine fortschreitende Automatisierung und auch Verlagerung von Umsetzungstätigkeiten in der Konstruktion konfrontiert, so dass berufliche Perspektiven vor allem in Planungs-, Steuerungs- und Koordinationsaufgaben liegen, die ein hohes Systemverständnis erfordern.

Fachkräfte auf mittlerem Qualifikationsniveau geraten mit der Verwissenschaftlichung der Entwicklungsarbeit in Verbindung mit der zunehmenden Automatisierung von Umsetzungstätigkeiten unter Druck, einerseits weil z. B. mit der steigenden Leistungsfähigkeit von CAD-Tools Tätigkeiten in der Konstruktion nun wieder von Ingenieuren für sich beansprucht und technische Zeichner/Produkt-designer verdrängt werden. Oder weil sich z. B. in Testlabors Rolle, Aufgaben und Kompetenzanforderungen von Technikern und Facharbeitern erheblich ändern.

Das Fallbeispiel Testlabor zeigt, dass sich diese Fachkräfte schnell in einer dilemmatischen Situation befinden können. Einerseits verhindert in einem Fallunternehmen der aktuelle Fachkräftemangel sowie betriebliche Gründe wie Einstellungsstopp die Besetzung dieser Stellen durch Ingenieure. Andererseits wird aber auch nicht die dahinterliegende Problematik adressiert und Lösungen durch Arbeitsgestaltung und Qualifizierung für diese Zielgruppe entwickelt. Frustration, sinkende Motivation und geringe Veränderungsbereitschaft dieser Fachkräfte sind die Folge.

Hier sind Lösungen gefragt, die Arbeitsgestaltung und Qualifizierung miteinander verbinden. Denn einerseits geht es darum, für Techniker und Facharbeiter in komplexen, digitalisierten Testumgebungen zukunftsfähige Rollen mit beruflichen Entwicklungspotenzialen zu schaffen. Die Herausforderung besteht dabei darin, in den Prozessen im Labor Erfahrung und Intuition einerseits und Verwissenschaftlichung andererseits gut auszubalancieren, um die Tests effizient durchführen zu können. Andererseits geht es darum, zielgruppengerechte Qualifizierungskonzepte zu entwickeln, in denen sich abstraktes Systemverständnis und Tool-Kompetenzen miteinander verbinden.

Der pauschale Ruf nach mehr Ingenieuren als »Eierlegender Wollmilchsau« will hier eine Abkürzung nehmen, obwohl es hier um Aufgabenbereiche geht, die für diese Berufsgruppe eher unattraktiv sind aufgrund von aus ihrer Sicht weniger anspruchsvollen Aufgaben und fehlenden beruflichen Perspektiven.

Für viele Engineering-Bereiche erweist sich jedoch die Rekrutierung aus unterschiedlichen internen und externen Gründen als schwierig. Und auch das Onboarding junger Ingenieure wird häufig als problematisch erkannt in Situationen, in denen Prozesse und bestehende Arbeitsteilung nicht mehr funktionieren und nur noch durch Erfahrung und informelle Arbeitspraxis erfahrener Mitarbeiter am Laufen gehalten werden. Eine Personalstrategie, die verstärkt wieder auf das Mobilisieren und Entwickeln von Engineering-Kompetenz auch auf Facharbeiter- und Technikerniveau setzt, kann hier

Chancen für eine Entspannung der Personalsituation im Engineering sowie für Prozessinnovationen bieten. Orientierungspunkte dafür bieten aktuelle Konzepte in der Berufsbildung.

4.3 Strategische Kompetenzentwicklung im Engineering

Die Transformation im Automotive Engineering hat weitreichende Folgen für die Kompetenzentwicklung sowie für Maßnahmen in Weiterbildung und Arbeitsgestaltung, um diesen Wandel zu unterstützen. »Verwissenschaftlichung« und Systemkompetenz sind für viele Mitarbeiter mit weitreichenden Anforderungen an die Weiterentwicklung der Fachkompetenz verbunden, die sich nicht mehr 1:1 durch Schulungen zu einzelnen Technologien abbilden lassen. Die Herausforderungen an interdisziplinäre Zusammenarbeit nehmen zu. Doch was »Interdisziplinäre Kompetenz« unter konkreten Rahmenbedingungen bedeutet, kann jeweils sehr unterschiedlich sein und erfordert zielgruppengerechte Konzepte. Die Kompetenzentwicklung im Kontext der Globalisierung ist eng verbunden mit Standortkompetenzen und aktuellen Fehlentwicklungen. Sollte es hier darum gehen, sich verstärkt auf Planung-, Steuerungs- und Kontrollkompetenzen zu fokussieren oder sollte hier der Verlust an Fachkompetenz zum Anlass genommen werden, die Zukunft von Standort- und Unternehmenskompetenzen auf die Tagesordnung zu setzen? Und auch der vielfach diagnostizierte Fachkräftemangel erweist sich in der betrieblichen Praxis vielfach als Aufforderung, mehr über vorausschauende Kompetenzentwicklung und vor allem über Standortstrategien und Arbeitsgestaltung nachzudenken, um vorhandene Kompetenzen besser zu nutzen und in innovativen Projekten gezielt auszubauen.

In Zeiten des Wandels wird häufig gefordert, dass das Personalmanagement eine strategische Rolle einnimmt. HR-Abteilungen sollen nicht nur administrative Aufgaben übernehmen, sondern aktiv an der Gestaltung und Umsetzung der Unternehmensstrategie beteiligt sein. Diese Forderung ist in einer Transformation, die mit grundlegenden Umbrüchen im Engineering einhergeht, wieder aktuell.

Doch was bedeutet das? Traditionelle HR-Konzepte sind häufig auf stabile, vorhersehbare Unternehmensumfelder ausgerichtet, in denen langfristige Planungen und lineare Strategieprozesse dominieren. In solchen Kontexten konzentriert sich das Personalmanagement auf standardisierte Verfahren, klare Hierarchien und festgelegte Karrierepfade.

Diese Sichtweise auf Aufgaben, Strukturen und Prozesse im Personalmanagement stoßen jedoch in der Transformation immer mehr an ihre Grenzen. Lineare Prozesse der Umsetzung von Strategien, auf die es sich stützen könnte, greifen entweder nicht mehr oder sie sind mit vielen Widersprüchen, Inkonsistenzen und Umsetzungsproblemen behaftet. Für HR wird es so immer schwieriger, den für die Umsetzung von Unternehmensstrategien erforderlichen oder auch nur den schon heute im Arbeitsalltag spürbaren Kompetenzwandel mitzugestalten.

Aus dem Engineering hören wir entsprechend teils harsche Kritik an ihren HR-Businesspartnern: »Zu früh, zu spät, die falschen Mitarbeiter werden adressiert und zu geringe Flexibilität bei sich ändernden Anforderungen«. Hier gelingt es nicht, die teils umfangreichen Weiterbildungsangebote mit den Bedarfen vor Ort in Einklang zu bringen.

Es wird dringender Handlungsbedarf gesehen, HR wieder näher an den Ort des Geschehens zu holen. Als weitere strukturelle Herausforderung wurde genannt, dass die HR-Ressourcen in den letzten Jahren zentralisiert und in der Fläche zu weit heruntergefahren wurden. Für eine fundierte Kompetenzbedarfsanalyse vor Ort, z. B. an den Standorten von Konzernen, verfügt HR so weder über die erforderlichen Personalressourcen noch über innovative HR-Kompetenzen etwa in der Kompetenzanalytik. Da hilft es auch wenig, wenn sich zentrale HR-Abteilungen fundiert mit innovativen Kompetenzthemen auseinandersetzen. Projekte, mit denen diese in der Fläche ausgerollt werden sollen – so zeigt zumindest ein Fallbeispiel – scheitern dann ebenfalls an den Gegebenheiten vor Ort.

Insgesamt liegt die Last, den Kompetenzwandel in der Transformation zu gestalten, vor allem bei den Mitarbeitern selbst sowie ihren Führungskräften.

Mitarbeiter gehen dieses Thema insbesondere im Rahmen ihrer individuellen Vorschau auf kommende Technologien und Methodenthemen an und fordern hier Qualifizierungsmaßnahmen oder die Gelegenheit ein, sich im Rahmen von Tagungen zu informieren. Auch wenn dies im Einzelfall sehr produktiv und karriereförderlich sein kann – in der Gesamtsicht liegt hier allerdings vor dem Hintergrund, sich kollektiv auf das Fahrzeug der Zukunft einzustellen, auch ein Problem. Denn die Zerrissenheit von Einschätzungen, wie diese Zukunft aussehen wird, nimmt bei fehlenden belastbaren Produkt- und Innovationsstrategien so eher zu als ab. Kompetenzen in Innovationsthemen wie etwa KI oder Industrie 4.0 können so zu einem vermehrten Konfliktpotenzial im Engineering beitragen.

Führungskräfte sehen sich gezwungen, für akute Problemlagen mangels Unterstützung eigene Lösungen zu entwickeln. Ein strategischer und teilweise blockierender Umgang mit zentralen Planungsprozessen zur Weiterbildung und das Verfolgen team-, abteilungs- oder bereichsspezifischer Ziele gehören für einige dazu. Hier wurde in verschiedenen Gesprächen deutlich, dass engagierte Führungskräfte durchaus sehen, dass sie komplexe Wechselwirkungen etwa zwischen Technologieeinsatz, Arbeitsgestaltung, Umorganisation und Kompetenz unter einen Hut bringen müssen. Doch pragmatische Analyseinstrumente und Intuition, die Führungskräften für die Gestaltung der Kompetenzentwicklung ihrer Mitarbeiter einsetzen können, greifen hier zu kurz.

In Phasen grundlegender Veränderungen gerät HR verstärkt ins Blickfeld. Einerseits geht es darum, welchen Beitrag sie für eine erfolgreiche Bewältigung der Transformation leisten kann, andererseits ist HR selbst gefordert, sich in Organisationen neu zu positionieren, die eigene Struktur und Arbeitsweise zu verändern sowie neue Instrumente zu entwickeln. So war bereits die geschäftsprozessorientierte Reorganisationsphase der 1990er Jahre mit einer Neuausrichtung der Personalarbeit am Leitbild des Human Resource Managements verbunden. In der digitalen Transformation müssen sich Organisationen heute erneut die Frage stellen, welche Aufgaben und Anforderungen auf die Personalarbeit zukommen und wie sie zu bewältigen sind. Die Suche nach einer »agilen HR-Organisation« und neuen Ansätzen der Personalentwicklung steht auf der Tagesordnung.²⁴

24 Vgl. zum HR-Business-Partner-Modell Ulrich (1997), zur agilen HR-Organisation Häusling/Fischer (2020) und zu neuen Ansätzen der Personalentwicklung z.B. Graf et al. (2019).

5 Transformation in der Aus- und Weiterbildungslandschaft

Erfolg und Innovationsstärke des Automotive Engineerings an deutschen Standorten basiert in hohem Maße auf einer Aus- und Weiterbildungslandschaft, die eine fundierte Hochschulausbildung in den relevanten Disziplinen mit der dualen Ausbildung in Metall- und Elektroberufen sowie darauf aufbauenden Fortbildungsberufen verbindet. Dadurch gelingt es, in der Entwicklung theoretisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse, praktische Erfahrung und Experimentieren in einzigartiger Form miteinander zu verbinden.

Deutsche Hochschulen bieten spezialisierte Studiengänge im Bereich des Automotive Engineerings an, die Studierende auf hohem Niveau ausbilden. Durch die enge Zusammenarbeit mit der Industrie werden aktuelle Forschungsergebnisse und technologische Entwicklungen direkt in die Lehre integriert und finden so sehr schnell ihren Weg in die Breite der betrieblichen Praxis.

Das duale System, das betriebliche Praxis mit schulischer Theorie verknüpft, bildet das Rückgrat der deutschen Fachkräfteausbildung. Es stellt sicher, dass Auszubildende nicht nur betriebsspezifische Lösungen kennenlernen, sondern State of in überbetrieblicher Perspektive nahe am State of the Art ausgebildet werden. Sie erwerben theoretisches Wissen, das sie unmittelbar in der Praxis anwenden können. Dies führt zu einer hohen Qualifikation und Flexibilität dieser Fachkräfte, was für effiziente Prozesse etwa im Labor, im Prototypenbau und anderen Einsatzfeldern im Engineering essenziell ist.

Aufbauend auf der dualen Ausbildung bieten Fortbildungsberufe und Weiterbildungssysteme, insbesondere im IT-Bereich, die Möglichkeit, sich kontinuierlich weiterzuentwickeln und auf dem neuesten Stand der Technik zu bleiben. Dies ist in einer Branche, die von schnellen technologischen Veränderungen geprägt ist, von entscheidender Bedeutung. Die Kombination aus beruflicher Praxis und theoretischer Weiterbildung fördert die Innovationsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Fachkräfte.

So entsteht eine einzigartige Symbiose von Theorie und Praxis. Dies bildet eine entscheidende Grundlage für die hohe Innovationsstärke des deutschen Automotive Engineerings und trägt wesentlich zum internationalen Erfolg der Branche bei.

Die aktuelle Transformation im Automotive Engineering erfordern auch in der Hochschulausbildung der dualen Ausbildung einen Wandel. Unabhängig vom Ausbildungsweg gehören eine grundlegende Einstellung auf die Herausforderungen smarterer Systeme und der mit ihnen verbundenen Entwicklungsprozesse und -technologien dazu, die Stärkung von Fachthemen im Kontext von Digitalisierung, Elektrifizierung und Nachhaltigkeit, die an Gewicht gewinnen aber auch Themen wie interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Für eine erfolgreiche betriebliche Transformation ist dabei nicht nur die möglichst rasche Transformation von Ausbildungs- und Studiengängen entscheidend, sondern auch, wie effizient bereits

vorhandene Aus- und Weiterbildungsressourcen sowie die aktuell bereits vorhandenen Kompetenzen von Absolventen genutzt werden.

Im Folgenden wird ein Blick auf Stand und Perspektiven im Ingenieurstudiengängen sowie bei den Metall- und Elektroberufen geworfen mit dem Ziel, auf bereits vorhandene Lösungen zukünftige Anforderungen hinzuweisen.

5.1 Das Ingenieurstudium im Wandel

Getrieben durch technologische Innovationen und die wachsende Komplexität moderner Fahrzeuge haben sich Studiengängen im Automotive-Bereich seit den 1990er Jahren stetig weiterentwickelt.

Traditionell umfasst das Ingenieurstudium im Automotive-Bereich eine Vielzahl von Grundlagenfächern, die essenziell für das Verständnis technischer Zusammenhänge sind. Dazu gehören insbesondere Fahrzeugtechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik. Diese Fächer bilden das Fundament, auf dem spezifischere technische Kenntnisse aufgebaut werden. Ergänzend zu diesen klassischen Inhalten haben sich in den letzten Jahren weitere Lehrinhalte etabliert, die den veränderten Anforderungen der Automobilindustrie gerecht zu werden versuchen: Der zunehmende Einsatz von elektronischen Elementen im Fahrzeug, die Digitalisierung mit grundlegenden Veränderungen von der Entwicklung und Produktion über die Wartung von Fahrzeugen, Anforderungen alternativer Antriebe und nachhaltiger Prozesse und die zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen.

Als aktueller Trend lässt sich der Ansatz des Fahrzeugs als cyberphysisches System, in dem der Mensch mit dem computergestützten (cyber) Fahrzeug interagiert, erkennen. Hierbei kommen bekannte Themen wie Kommunikationstechnologien, **Künstliche Intelligenz**, autonomes und vernetztes Fahren in neuer Konstellation zusammen. Dabei werden besonders **digitale Kompetenzen** wie Softwareentwicklung, Datenanalyse und -verarbeitung und Netzwerk- und Kommunikationstechnologien hochrelevant.

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

Im Ingenieurwissenschaftsstudium, insbesondere im Automotive Bereich, hat die **Interdisziplinarität** erheblich an Bedeutung gewonnen. Dies liegt vor allem daran, dass moderne Fahrzeuge immer komplexer werden und zahlreiche technologische Disziplinen integrieren. Ingenieure müssen nicht nur tiefgehende Kenntnisse in ihrem eigenen Fachgebiet besitzen, 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 Fachgebiete wie **Umweltwissenschaften** vereinen.

Die beschriebenen Veränderungen der Lehrinhalte in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen haben auch erhebliche Auswirkungen auf die **überfachlichen Anforderungen** an zukünftige Ingenieure. Die Globalisierung der Automobilindustrie verlangt von Ingenieuren interkulturelle Kompetenz und die Fähigkeit zur internationalen Zusammenarbeit.

Im Kontext des interdisziplinären Arbeitens gewinnen **Soft Skills** wie Kommunikation, Teamarbeit und Projektmanagement zunehmend an Bedeutung. Auf universitärer Ebene können diese durch Gruppen- und Projektarbeiten gefördert werden.

Zudem werden Ethik und **Verantwortungsbewusstsein** immer wichtiger, insbesondere wenn es darum geht umweltverträgliche Entscheidungen oder Entscheidungen im Bereich des autonomen Fahrens zu treffen.

Innovative Studiengänge im Automotive-Engineering

Das Spektrum an Studiengängen im Bereich Automotive-Engineering ist breit und reicht von eher klassischen technischen Studiengängen bis hin zu denen, die aktuelle Trends ins Zentrum ihrer Lehrinhalte stellen. Besonders **innovative Studiengänge** verbinden mehrere dieser Trends:

- Bachelor of Engineering in Nachhaltige Fahrzeug- und Antriebstechnik an der Hochschule in Coburg. Inhalte sind: Umweltgerechte Fahrzeugkonzepte, regenerative Kraftstoffe, Produktentwicklung in der Automobilindustrie. [Nachhaltige Fahrzeug- und Antriebstechnik studieren | Hochschule Coburg](#).
- Bachelor of Engineering in Intelligente Mobilitätsysteme an der Hochschule Konstanz. Kombination aus Informatik und Elektrotechnik mit Schwerpunkt autonomes Fahren. [Hochschule Konstanz: Intelligente Mobilität Studium | HTWG Konstanz](#).
- Bachelor of Engineering Smart Vehicle Systems an der Hochschule Ostfalia. Inhalte sind: autonome Systeme, Elektromobilität und Mobilitätskonzepte im Aftersales. [Ostfalia – Smart Vehicle Systems](#).
- Master of Engineering in Engineering and Sustainable Technology Management in Mobility and Automotive Industry an der SRH Berlin. Inhalte sind: nachhaltiges Technologiemanagement, industrielles Vernetzen, Innovation, Produkt-Lebenszyklus-Management, KI, Verkehrskonzepte, E-Mobilität und Ladestrukturen, Circular Economy, Cloud-Technologien und Cyber-Security. [Mobility and Automotive Industry \(M.Eng.\) in Germany | SRH Berlin](#).

Viele Hochschulen bieten **Kooperationsstudiengänge** mit Unternehmen der Automobilbranche an, die den Studierenden eine praxisnahe Ausbildung und direkten Zugang zur Industrie 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 verläuft die Zusammenarbeit zwischen der Hochschule Esslingen und der Daimler AG. Die Studierenden haben im Rahmen eines dualen Studiums abwechselnd theoretische Studienphasen an der Hochschule und praktische Phasen im Unternehmen. Diese Kooperationsstudiengänge bieten den Vorteil, dass Studierende in reale Projekte eingebunden werden und somit ihr theoretisches Wissen direkt in der Praxis anwenden können. Zusätzlich fördert die Einbindung ins Unternehmen relevante

Soft Skills wie Teamarbeit, Projektmanagement und Problemlösungsfähigkeiten, was den Einstieg in den Arbeitsmarkt für Absolventen erleichtern dürfte.

Hochschulen sind ein zentraler Ort für die **akademische Erwachsenenweiterbildung**. Diese umfasst in der Regel spezialisierte Masterstudiengänge, Zertifikatsprogramme oder kurzzeitige Weiterbildungen. Besonders Masterstudiengänge werden häufig berufsbegleitend angeboten, um es den Teilnehmenden zu ermöglichen sich in arbeitsrelevanten Themen zu spezialisieren oder sich um- bzw. weiterzuqualifizieren.

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.

Zusätzlich gibt es Kooperationsprogramme, wie das »Digital Transformation Training« der Hochschule Ingolstadt und Audi, das sich gezielt an bei Audi angestellten Ingenieure und technische Fachkräfte richtet. Es beinhaltet die Themen digitale Transformation, Big Data, Künstliche Intelligenz und Elektromobilität.

Aktuelle Herausforderungen

Ein Blick in die Hochschullandschaft zeigt, dass viele Hochschulen aktuelle Trends in ihre Studiengänge integrieren oder gar neue akkreditieren. Besonders im Automotive-Bereich profitieren Studierende von engen Kooperationen mit der Industrie. Zahlreiche Hochschulen bieten spezialisierte, berufsbegleitende Masterstudiengänge und Zertifikatsprogramme an, die Ingenieuren in der Automobilbranche helfen sich auf aktuelle Herausforderungen wie Elektromobilität und Digitalisierung vorzubereiten.

Dennoch gibt es gerade im Bereich der Digitalisierung eine Differenz zwischen benötigten Fachkompetenzen und erlernten Inhalten aus dem Studium. In einer Studie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI)²⁵ von 2019 gaben ehemalige Ingenieurstudenten an, dass sie während der ersten drei Jahre ihrer beruflichen Tätigkeit vor allem digitale Kompetenzen im Bereich Informatik und Technik (z. B. Einsatz von IT-Tools) benötigten. Gleichzeitig gaben über 40% der Befragten an, dass sie sich eher nicht gut oder sogar schlecht vorbereitet in diesem beiden Bereich sehen.

Zwar gaben 78 % der befragten Hochschulen an, dass die digitale Transformation zur expliziten Hochschulstrategie gehöre, dennoch zeigt sich eine Diskrepanz zwischen der hohen Bereitschaft zur Innovation und der tatsächlichen Fähigkeit zur Umsetzung. Diese ist laut VDI hauptsächlich bedingt durch einen Mangel an geeignetem Personal und einer entsprechenden Raumausstattung.

Besonders IT-Technologien und Tools gelten als besonders schnelllebig und eine Aktualisierung der Curricula kann bei diesen Entwicklungen oft nicht mithalten. Zudem gibt es zu wenig Praxis-

²⁵ Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2019). Ingenieurausbildung für die digitale Transformation. VDI Verlag.

bezug, bei dem reale Tools getestet werden könnten. Praxisorientierte Projekte und Kooperationen mit Unternehmen können einen Einblick in die Arbeitsrealität liefern und so Rückschlüsse auf die Curriculumentwicklung geben.

Zusätzlich hebt der VDI hervor, dass eine verstärkte **interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Geistes- und Sozialwissenschaften im Ingenieurbereich** notwendig ist, insbesondere für die Bewältigung gesellschaftlich weitreichender Veränderungen. Knapp 80% der Ingenieursabsolventen gaben an, dass sie sich nicht gut bis schlecht auf Themen aus dem Bereich Soziales vorbereitet fühlen. Hier besteht noch Raum zur Weiterentwicklung der inter- und transdisziplinären Arbeit an den Hochschulen.

Des Weiteren spielt die Internationalisierung der Hochschulen, sowie das Interesse Internationalstudierende, vor allem im Bereich Automotive-Engineering eine große Rolle. Der Anteil internationaler Studierender in den Ingenieurwissenschaften (inklusive Informatik) ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Im Jahr 2022 betrug der Anteil internationaler Studierender in den Ingenieurwissenschaften etwa 25% (Quelle: MiNT DataLab)²⁶. Für den Automotive-Bereich wird dieser Anteil ebenfalls hoch eingeschätzt, da deutsche Hochschulen und insbesondere der Automotive-Sektor international hohes Ansehen genießen. Doch, viele der Absolventen kehren nach erfolgreichem Abschluss in ihr Heimatland zurück, ohne je 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 entsprechende Personen zu verbessern.

Der Frauenanteil in Ingenieurstudiengängen ist konstant niedrig. 2022 lag der Anteil von Studienanfängerinnen im Fach Ingenieurwissenschaften gemessen am Anteil aller weiblichen Studienanfängerinnen bei 19,6 %. Letztendlich liegt der Anteil der weiblichen Studierenden (nicht Studienanfängerinnen) bei 12,9%. Das deutet darauf hin, dass weibliche Studierende der Ingenieurwissenschaften das Studium häufiger abbrechen als in anderen Studienfächern. (Quelle: Mint-DataLab)

Die Herausforderungen, die sich daraus ergeben, liegen in der Steigerung der Attraktivität des Studiums für Frauen: Frauennetzwerke an Universitäten schaffen, Mentoring-Programme, an Image von Ingenieurstudiengängen arbeiten, Diversitätsförderung, Stipendien für Frauen.

Optimierungsbedarfe an deutschen Hochschulen bestehen darüber hinaus in der Stärkung interdisziplinärer Zusammenarbeit und der Integration von Geistes- und Sozialwissenschaften in ingenieurwissenschaftliche Curricula. Die Digitalisierung und Internationalisierung der Studiengänge sind weitere Schlüsselbereiche, in denen es noch Raum für Entwicklung gibt.

5.2 Berufsbildung in der Transformation

Kommt demnächst.

²⁶ MINT-DataLab. (2023). MINT-DataLab. Analysen, Grafiken und Statistiken rund um MINT. Abgerufen am 24.06.2024, von MINT-DataLab - MINTvernetzt (mint-vernetzt.de).

6 Zum Weiterlesen

- Abramovici, Michael; Herzog, Ottheim (2016): Engineering im Umfeld von Industrie 4.0: Einschätzungen und Handlungsbedarf, München: Acatech.
- Albers, Albert; et. al (2022): Strategie Advanced Systems Engineering. Leitinitiative zur Zukunft des Engineering- und Innovationsstandorts Deutschland, München.
- Baukowitz, Andrea; Hageni, Karl-Heinz (2020): Agiles Arbeiten mitgestalten: Strategie und Handlungsfelder der Mitbestimmung, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Mitbestimmungspraxis). (https://www.imu-boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-007669)
- 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.
- 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; 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)
- 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.
- 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 (mint-vernetzt.de)
- 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.
- 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.
- Schneider, René (2023): Selbstorganisation und Agilität in Großunternehmen: den Wandel erfolgreich meistern, München: Hanser.
- Schröder, Axel (2017): Agile Produktentwicklung: Schneller zur Innovation – erfolgreicher am Markt: Menschen größer machen, München: Hanser.
- Schwarz-Kocher, Martin; Krzywdzinski, Martin; Korflür, Inger; u. a. (Hrsg.) (2019): Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie: die Situation in Deutschland und Mitteleuropa unter dem Druck veränderter globaler Wertschöpfungsstrukturen, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Study / Hans-Böckler-Stiftung).
- Sonnen-Aures, Klaus-Theo (2020): Selbstorganisiert und selbstbestimmt. Die DB System 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.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2019). Ingenieurausbildung für die digitale Transformation. VDI Verlag.

- Weiss, Stefan; Michalides, Marvin; Pendzik, Martin; u. a. (2023): Agile Entwicklung physischer Produkte 2023, doi: 10.25368/2023.213.
- Will-Zocholl, Mascha; 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.
- 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