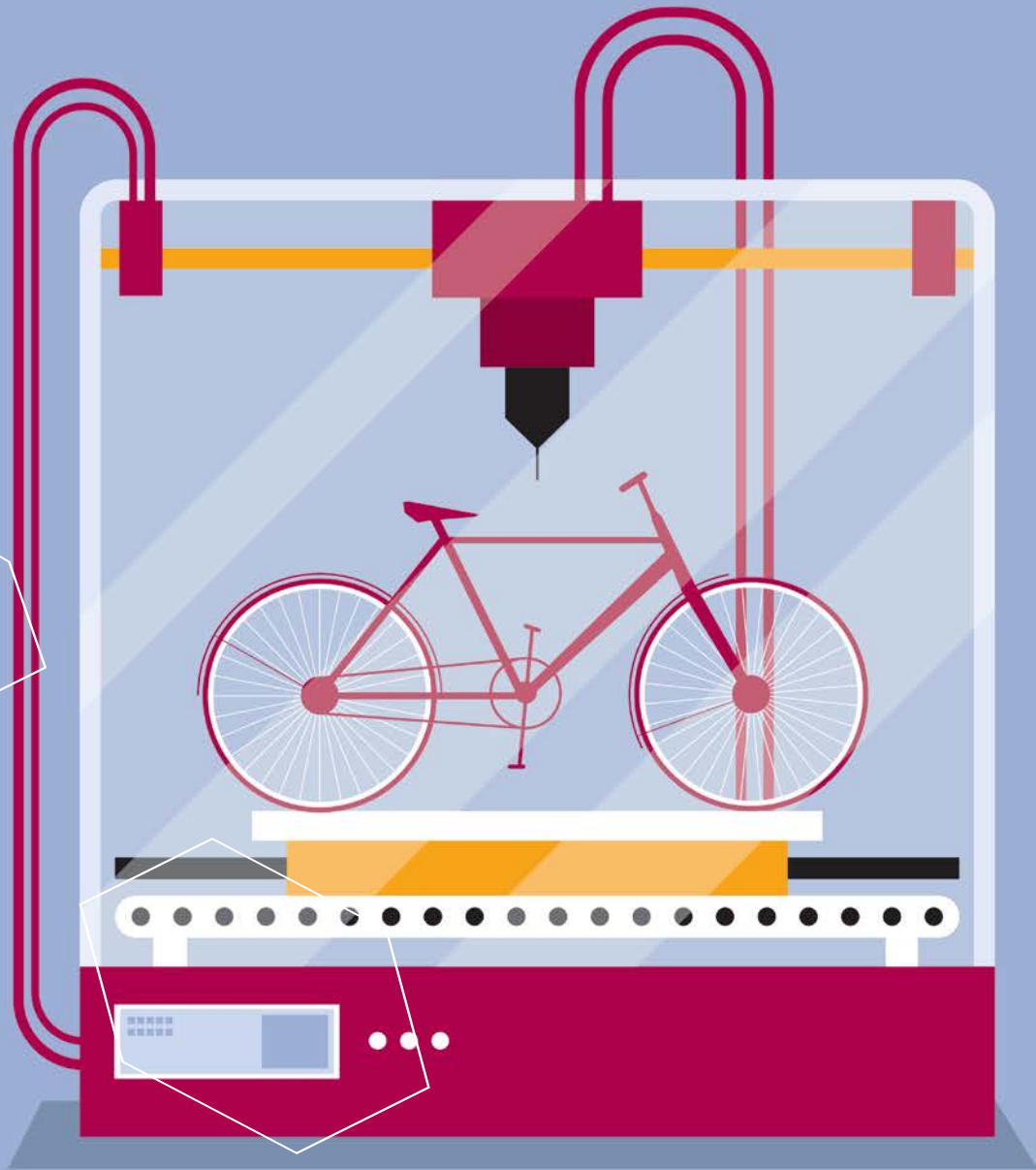


ERGEBNISPAPIER



**Kompetenzen für die Produktion der  
Zukunft – Arbeitsgestaltung 4.0 am Beispiel  
der auftragsgesteuerten Produktion**

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft  
und Energie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
www.bmwi.de

### Redaktionelle Verantwortung

Plattform Industrie 4.0  
Bertolt-Brecht-Platz 3  
10117 Berlin

### Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

### Stand

April 2018

### Bildnachweis

red150770 – Fotolia (Titel), petovarga – Shutterstock (S. 4, 7)  
vege – Fotolia (S. 5), Marc – Fotolia (3x) (S. 7),  
nd3000 – Fotolia (S. 9), LukaTDB – iStockphoto (S. 10),  
guvendemir – iStockphoto (S. 13), lassedesignen – Fotolia (S. 14)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.

**Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:**  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de  
www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice:  
Telefon: 030 182722721  
Bestellfax: 030 18102722721



# Inhalt

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Vorwort</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Hintergrund des Szenarios</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>Auftragsgesteuerte Produktion und Arbeitsgestaltung bei FiveBike</b> ..... | <b>5</b>  |
|          | 3.1 Das Auftragsmanagement bei FiveBike.....                                  | 6         |
|          | 3.2 Entwicklung bei FiveBike.....   | 9         |
|          | 3.3 Montage bei FiveBike.....   | 11        |
|          | 3.4 Kontinuierliche Optimierung bei FiveBike: Das Optimierungsteam.....       | 12        |
| <b>4</b> | <b>Fazit und Ausblick</b> .....   | <b>14</b> |

# 1 Vorwort

Die Arbeitsgruppe 5 (AG 5) der Plattform Industrie 4.0 ist sozialpartnerschaftlich zusammengesetzt und kümmert sich um die Auswirkungen von Industrie 4.0 und den ihr zu Grunde liegenden Technologien auf Arbeit, Aus- und Weiterbildung. Die AG sieht ihre Aufgabe in der **Übersetzung der Industrie 4.0-Prozesse in ein Zukunftsbild von Arbeit und Bildung**, das sowohl an den betrieblichen Verhältnissen und Anforderungen als auch an den Interessen der Beschäftigten ansetzt. Im vorliegenden Papier hat Dr. Irmhild Rogalla unverzichtbare Hilfe bei dieser Übersetzungsarbeit geleistet, für die sich die gesamte AG 5 herzlich bedanken möchte.

Es ist das besondere Interesse der AG 5, die in anderen Arbeitsgruppen skizzierten technischen Entwicklungen mit den daraus resultierenden Gestaltungsoptionen für Arbeit und den entsprechenden Herausforderungen für Aus- und Weiterbildung zu koppeln. Die von der Arbeitsgruppe 2 erarbeiteten Szenarien können Unternehmen und Beschäftigten zeigen, wo die digitale Reise hingehen könnte. Sie beschreiben die Technikentwicklung idealtypisch und überwiegend aus IT-Sicht. Die AG 5 ihrerseits will sich nicht „nur“ auf das technisch Machbare konzentrieren. Natürlich nimmt sie Veränderungen zur Kenntnis und leistet dann **Technikfolgenabschätzung für Arbeit, Aus- und Weiterbildung**. Dabei argumentiert die AG auf der Basis der gesellschaftlichen Verantwortung aller in der Plattform verbundenen Akteure. Nur dieser Ansatz ermöglicht es, in den Unternehmen für Akzeptanz der vielen Veränderungsprozesse zu sorgen und ihnen offen zu begegnen. Die AG sieht dabei die Rolle des **Menschen als „Dirigent im Wertschöpfungsnetzwerk“** und nicht als Objekt, das den technologischen Entwicklungen mehr oder weniger hilflos ausgesetzt ist. Es geht also darum, Menschen und ihre Arbeit in den Szenarien sichtbar zu machen.

Wichtig ist der Arbeitsgruppe, neben dem engen Bezug zu den Beschäftigten gleich welcher Tätigkeitsbereiche auch immer zu beachten, **dass es „die“ Industrie 4.0 in „den“ Unternehmen nicht gibt**. Manche Betriebe sind schneller und weiter als andere, und nicht alle wissen schon, wo die „digitale Reise“ für sie hingehen wird. Es ist daher unverzichtbar, sich immer der Vielfalt der Unternehmen bewusst zu sein, vom OEM bis zum Start-up, vom Digitalisierungschampion bis zum Nachzügler.

Von diesem Verständnis ausgehend, ergänzt die vorliegende Publikation die bereits zur Hannover Messe 2017 erschienene Publikation zur auftragsgesteuerten Produktion eines Fahrradlenkers, die alle Arbeitsgruppen der Plattform gemeinsam erarbeitet haben. Beide Veröffentlichungen unterscheiden sich in der „Flughöhe“ der Betrachtung, denn in der vorliegenden Studie liegt der Fokus rein auf den **Veränderungen der Arbeitsgestaltung und den abzuleitenden Qualifizierungsbedarfen für die Beschäftigten**. Die These dahinter ist: **Auftragsgesteuerte Produktion verändert weniger Produktionsabläufe im engeren Sinn als die Abläufe vor dem Produktionsprozess, also die Zusammenarbeit mit Kunden und Zulieferern**. Die Auswirkungen auf Geschäftsmodelle sind größer als die auf die Produktion. Ein zentraler Vorteil ist mehr Individualität und die bessere Berücksichtigung von Kundenwünschen (Stichwort Losgröße 1).

## 2 Hintergrund des Szenarios

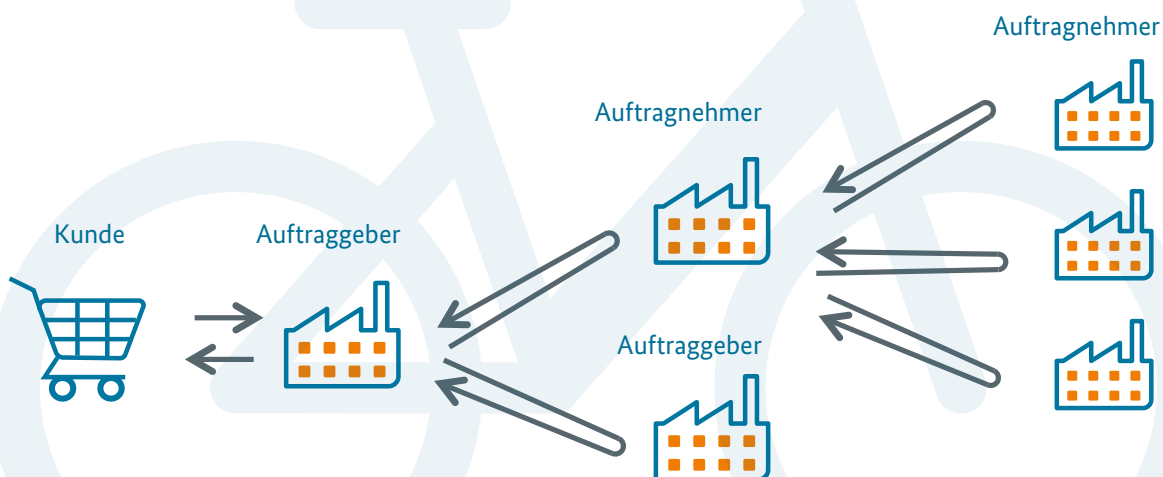
**Auftragsgesteuerte Produktion: von starren Strukturen hin zu dynamischen Beziehungen**

Bei der auftragsgesteuerten Produktion verlaufen Auftragsplanung, Auftragsvergabe und Auftragssteuerung über Betriebs- und Unternehmensgrenzen hinweg **komplett automatisiert**. Dies ermöglicht es, dass Zeit, Kosten und Qualität entlang der kompletten Produktionskette optimiert werden können, ohne dass feste Kunden-Lieferanten-Beziehungen oder Zuliefererketten bestehen. Die **Vernetzung von Produktionsfähigkeiten und -kapazitäten über die eigenen Unternehmensgrenzen hinweg** ermöglicht es, Kundenaufträge frei und automatisch optimal auf die jeweils zur Verfügung stehenden Produktionsressourcen zu verteilen. Das Ergebnis sind **fragmentierte Wertschöpfungsketten bzw. -netze**. Innerhalb der Wertschöpfungskette gibt es eine klare Hierarchie, an deren Spitze der Hauptauftraggeber steht, der als Einziger direkten (End-)Kundenkontakt hat. Darunter findet sich eine untergeordnete Zulieferer-Struktur über mehrere Ebenen.

**Das Szenario erfordert vollständige Vernetzung**

Damit die auftragsgesteuerte Produktion funktioniert, müssen innerhalb und zwischen allen beteiligten Unternehmen Daten umfassend erfasst und verarbeitet werden – von der Produktionsplanung über die Fertigungssteuerung bis zur Auslieferung. Voraussetzung dafür ist eine **intensive Vernetzung innerhalb des jeweiligen Unternehmens und unternehmensübergreifend**. Innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes müssen sämtliche Arten von Daten von Aufträgen, Technologien, Produkten, Produktion usw. ausgetauscht werden. Dadurch entsteht ein hohes Maß an **Dezentralisierung** (Leistungen statt Produkte, Leistungen für Netzwerkpartner, Modularisierung/Standardisierung, dezentrale Prozessverantwortung) sowie an (technischer) **Selbstorganisation und Autonomie** (Produktionsplanung und -steuerung, Kapazitäts- und Ressourcenplanung, Prozesssteuerung, Versorgungs- und Qualitätsregelkreise).

Wertschöpfungsnetz „Auftragsgesteuerte Produktion“



### 3 Auftragsgesteuerte Produktion und Arbeitsgestaltung bei FiveBike

Auftragsgesteuerte Produktion verändert Prozesse und Abläufe in und zwischen Unternehmen. Diese Veränderungen wirken sich auch auf die **Arbeitswelt und Qualifikungsbedarfe** aus. Anhand eines konkreten Beispiels sollen diese beschrieben werden.

Unser beispielhaftes, hypothetisches Unternehmen FiveBike stellt Elektrofahrräder mit einem zusätzlichen Elektromotor, einem Akku und diverser Sensorik sowie entsprechender Elektronik für die Motorsteuerung her. Die Fahrräder verfügen über eine Batterieladeanzeige und ein Tool zur Motorkrafteinstellung sowie optional einen Bordcomputer.

FiveBike ist ein „digitalisiertes“ Unternehmen: Hier werden alle internen Daten bereits erfasst und umfassend verarbeitet. Dies beinhaltet die vollständige Digitalisierung von Konstruktion, Montageplanung und Auftragsvergabe sowie die Montagesteuerung. Auch über umfassende Instrumente zu Rückfolgbarkeit (Traceability) verfügt FiveBike. Dafür greift es auf diverse Assistenzsysteme in

allen wesentlichen Prozessen zurück. Alle Bereiche im Unternehmen und das Unternehmen selbst mit seinen Auftragnehmern und Zulieferern sind hoch vernetzt. Alle Arten von Daten zu Aufträgen, Produkt- und Produktionsdaten werden folglich untereinander ausgetauscht. So wird ein hohes Maß an Dezentralisierung und Selbstorganisation/Autonomie möglich.

FiveBike ist ein **Montageunternehmen**, d.h. es kauft sämtliche benötigte Teile ein und ist dabei auf eine hohe Qualität der Zulieferung angewiesen, nicht zuletzt, weil es seinen Kunden eine kurzfristige Lieferzeit verspricht. Dafür greift FiveBike auf ein Netz aus Zulieferern zurück, die sich in zwei Gruppen unterteilen lassen:

1. Lieferanten von Standardteilen: Reifen, Lager, Narben, Speichen, Felgen, Sättel, Pedale, Bremsen, Schrauben, Kabel etc.
2. Andere Hauptauftragnehmer für z.B. Fahrradrahmen und Elektro-Antriebe, die wiederum Zulieferer haben.



**Gute und verlässliche Zulieferer** sind für FiveBike auch aus anderen Gründen wichtig, zum Beispiel wenn es darum geht, umfassende, je nach Land aber verschiedene Haftungsregelungen z. B. für Materialqualität (Dokumentations- und Rückverfolgungspflicht) zu beachten oder bei technologischen Entwicklungen (wie z. B. der Weiterentwicklung der Antriebstechnologie durch Brennstoffzellen oder Photovoltaik) auf der Höhe der Zeit zu sein.

Wichtig für Hersteller und Kunden ist, dass sich ein eBike auch **individuell konfigurieren** lässt. Das trägt dem Wunsch vieler Konsumenten nach individuellen Produkten Rechnung. In unserem Beispiel können z. B. Motor und Akku je nach Auftrag an unterschiedlichen Stellen angebracht werden. Das führt dazu, dass Rahmen und Bremsen ggf. angepasst werden müssen.

### Geschäftsmodell

Unser eBike-Hersteller bedient drei verschiedene Arten von Kunden:

1. **Endkunden:** individuelle Fertigung von Einzelstücken (Konfiguration und Bestellung per Web-Service)
2. **Großkunden:** kundenindividuelle Fertigung für Großkunden (Losgröße 10-n) (Konfiguration und Bestellung per Web-Service oder Unternehmensvertrieb)
3. **Handel:** Fertigung von Rädern aus dem Standardangebot (Händler aller Art)

„Endkunden“ können **individuelle Räder online konfigurieren und bestellen**. Die Auswahlmöglichkeiten bei der Konfiguration sind in unserem Szenario sehr groß (v.a. Rahmenformen und -materialien, Energiequelle). Die automatisierte Auftragsvergabe ermöglicht es, schnell auf ein internationales Zulieferernetzwerk zuzugreifen. Der **Einkauf und die Auftragsvergabe sind hochautomatisiert** und greifen nahtlos ineinander. So kann die Gesamtproduktion deutlich besser und schneller an die Nachfrage angepasst werden. Organisation und Prozesse des Unternehmens helfen, Schnittstellen zu überbrücken und mit den Beschränkungen der automatischen Optimierung umgehen zu können. Die Fertigungstiefe insgesamt ist eher gering (reine Montage).

### Arbeitsprozesse

Durch die auftragsgesteuerte Produktion werden unterschiedliche Prozesse innerhalb von FiveBike berührt. Stark beeinflusst sind zum Beispiel

1. das **Auftragsmanagement** mit automatisierter Auftragsvergabe und -steuerung, Vertragsmanagement, Optimierung der gesamten Herstellungskette,
2. die **Entwicklung und Konstruktion**, die montage- und automatisierungsgerecht sein müssen,
3. das **Controlling**, Finanzmittelbeschaffung, Geldflüsse generell: Rechnungslegung, Rechnungsstellung, Liquidität etc.,
4. die **Intralogistik**, die IT-Entwicklung und insbesondere Administration sowie
5. die **operative Planung und Steuerung** inklusive der **Personalführung**.

Die Montage der eBikes (also der Kernprozess im Unternehmen) oder Marketing, Verkauf und Vertrieb (für alle Kundensegmente, auch online) sind weniger stark betroffen. Die Ausgangslogistik, der Kundenservice sowie der Bereich HR/Personal sind sogar nur wenig bis gar nicht beeinflusst.

## 3.1 Das Auftragsmanagement bei FiveBike

Am Ausgangspunkt der auftragsgesteuerten Produktion und damit einer automatisierten Auftragsplanung, -vergabe und -steuerung stehen das „Auftragsmanagement“ und entsprechende Arbeitsprozesse und -tätigkeiten (vgl. Abb.1).

Das Auftragsmanagement umfasst in unserem Beispiel **die verantwortliche Begleitung und Abwicklung von Kundenaufträgen**, von deren Eingang bis zur Bereitstellung des Produkts/der Produkte für die Auslieferung.

Vergleicht man den Prozess des automatisierten Auftragsmanagements mit den Prozessen in einer **klassischen Einkaufsabteilung**, sind die Veränderungen enorm. Denn die kaufmännischen Mitarbeiter/innen erteilen den Zulieferern keine Aufträge mehr und sind auch nicht mehr für die Absicherung der Eingangslogistik zuständig. Diese Aufgaben übernimmt das **Leit- und Steuerungssystem**.



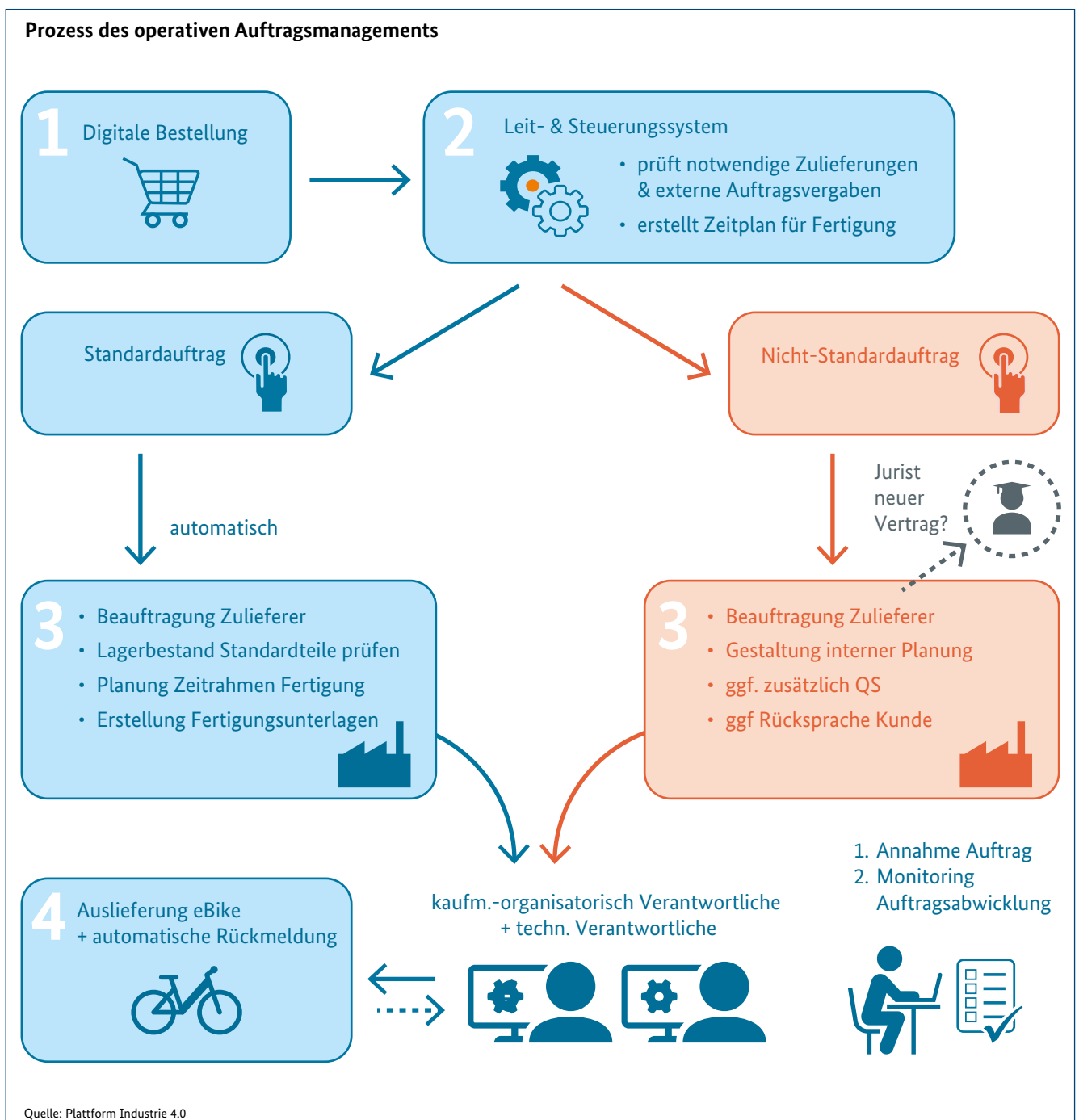
**Kontrollaufgaben sowie Verhandlungen mit Zulieferern** über Vertragsbedingungen und Konditionen liegen dabei noch weiterhin bei den Mitarbeitern/innen des Einkaufs, auch wenn der Vertragsabschluss selbst zunehmend automatisiert werden kann. Der gesamte Prozess sowie die Zusammenarbeit mit dem technischen Auftragsverantwortlichen und den Montagebeschäftigten sind gravierenden Veränderungen ausgesetzt.

**Der Ablauf des Auftragsmanagements ist abhängig vom Kunden und der Auftragsart.**

FiveBike wickelt drei Arten von Aufträgen ab, die von

- Endkunden
- Großkunden
- Händlern

erteilt werden. Unternehmens-Ziel ist es, alle Kunden so schnell wie möglich zu beliefern.



Das operative Auftragsmanagement wird aus kaufmännisch-organisatorischer und technischer Sicht begleitet. Es wird durch eine (digitale) Bestellung ausgelöst. Anschließend **prüft das zentrale Leit- und Steuerungssystem**, das mit den externen Zulieferern vernetzt ist, die notwendigen Zulieferungen und (externen) Auftragsvergaben. Gleichzeitig erstellt es einen Zeitplan für die Fertigung. Im nächsten Schritt „sucht“ das System zwei **Auftragsverantwortliche**, einen kaufmännisch-organisatorischen und einen technischen. Alle Auftragsverantwortlichen erhalten eine Meldung zu neu eingegangenen Aufträgen und erklären sich durch die Annahme eines solchen Auftrages selbst zuständig. Alle weiteren Systemmeldungen gehen danach nur noch an die Auftragsverantwortlichen.

Zur Abarbeitung von Aufträgen gibt es zwei Szenarien: den Standardauftrag und den Sonderauftrag.

Bei einem **Standardauftrag** verbleibt der Auftrag „im“ Leit- und Steuersystem, das automatisch die Zulieferer beauftragt, den Bestand der Standardteile im Lager überprüft, die Fertigung (Zeitraumen) plant und die (digitalen) Fertigungsunterlagen erstellt. Der oder die kaufmännisch-organisatorisch Verantwortliche sichert einen reibungslosen Ablauf ab. Er/sie beobachtet die Zulieferlogistik und überprüft die Bestellungen (Menge, Qualität, Termine). Die interne Auftragsabwicklung begleitet sie/er gemeinsam mit dem/der technischen Auftragsverantwortlichen.

Die Abstimmungsroutine bei FiveBike sieht folgendermaßen aus: Alle Auftragsverantwortlichen treffen sich täglich zu kurzen Absprachen über Prioritäten und Reihenfolgen der Auftragsbearbeitung. Unterstützt werden die Treffen durch Softwareprogramme. Dazu entscheidet die Runde über das Vorgehen bei unerwarteten Ereignissen und Nicht-Standardaufträgen. Außerdem findet einmal pro Woche ein Treffen mit den Leitern der Montage statt.

**Sonderaufträge** sind im Umgang aufwändiger und abhängig von einigen Besonderheiten. So braucht es für bestimmte Teile ggf. zusätzliche Zulieferer, die zuvor noch nicht mit FiveBike zusammengearbeitet haben. In solchen Fällen kann ein **standardisierter Vertrag** mit dem Zulieferer automatisch abgeschlossen werden, oder es wird abweichend vom Standard ein neuer, von einem Juristen freigegebener Vertrag mit dem neuen Zulieferer benötigt, damit

das System dem Zulieferer eine Freigabe erteilen kann. Weiterhin ist unter Umständen die **Gestaltung der internen Planung** zu berücksichtigen und zusätzlich könnten weitere, nicht automatische Qualitätskontrollen der Zulieferungen, vor allem bei Rahmen und Elektronik, erforderlich sein. Auch eine zusätzliche Prüfung der fertig gestellten Räder steht an. Zu guter Letzt kann Rücksprache mit den Kunden oder dem Vertrieb nötig werden. All diese zusätzlichen Aufgaben werden **über die beiden Verantwortlichen gesteuert**, die hierfür über umfassende Kompetenzen verfügen (darunter technische, kaufmännische, juristische, kommunikative und EDV).

Das operative Auftragsmanagement von Standard- wie Nicht-Standardaufträgen endet damit, dass die eBikes der Auslieferung übergeben und vom System (digital) Lieferscheine und Rechnungen erstellt werden.

### Tätigkeiten, Arbeitsbedingungen und Qualifikationen im Auftragsmanagement bei FiveBike

**Beteiligte Personen im Auftragsmanagement** sind kaufmännische Mitarbeiter/innen, entweder mit dualer Ausbildung (z. B. Industriekaufleute) oder mit Bachelor in einem Wirtschaftsfach, meist BWL. Sie sichern einen reibungslosen, optimalen Durchlauf der Aufträge. Dazu gehört es, die Schnittstellen mit den Zulieferern, mit den Kunden bzw. dem Vertrieb, mit den technischen Auftragsverantwortlichen und mit den Montagebeschäftigten im Auge zu behalten und die Koordination zwischen Aufträgen, System (digital) und Realität zu gewährleisten.

Im Ablauf des Auftragsmanagements sind alle Varianten **von sehr schlechter bis zu sehr guter Arbeit denkbar**. Da es sich im Wesentlichen um Bürotätigkeiten handelt, sind die Bedingungen für Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie Ergonomie nicht neu. Bei der Gestaltung der Arbeitszeiten gibt es große Spielräume. Die Tätigkeiten sind nicht mehr an Anwesenheit im Büro gebunden, können also bei entsprechender Ausstattung und Sicherheit auch mobil ausgeführt werden. Im Ergebnis sind hier also neu und herausfordernd die Fragen und Formen der **Zusammenarbeit, Kommunikation sowie Kooperation und Führung**, also generell der Unternehmens- und Führungskultur.



### 3.2 Entwicklung bei FiveBike

Ein Entwicklungsprozess wird in der Regel ausgelöst durch die Änderung von Vorgaben oder Anforderungen. Dies können die Optimierung eines Montageprozesses sein, neue technische Möglichkeiten (z. B. kleinere Akkus), veränderte Kundenwünsche, eine neue Marktsituation oder eine Vertriebsanfrage.

Der Entwicklungsprozess bei FiveBike ist geprägt durch die **enge Zusammenarbeit mit den Zulieferern** und die **enge Anbindung an das Leit- und Steuerungssystem** für die Montage. Ziel ist es, neue eBikes zu entwickeln und vorhandene Produkte und Montageprozesse zu verbessern und zu optimieren. Das kann auch bedeuten, dass **neue Anforderungen an Zulieferer** definiert werden müssen. Am Ende des Prozesses stehen neu definierte Konzepte bis hin zu neu erstellten Prototypen.

Für die Konfiguration der Räder können sowohl Kunden als auch Entwickler auf eine Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten zugreifen. Ihr Gestaltungsspielraum ist dadurch begrenzt, dass sämtliche Zulieferteile immer mit

der realen Anforderung und ihrem datentechnischen „Abbild“ im System übereinstimmen müssen.

Zunächst einmal prüft der/die Entwickler/in, ob ein vorhandenes eBike bzw. dessen „Baukasten“ als Grundlage für die Entwicklung dienen kann oder ob eine komplette Neuentwicklung notwendig ist. Anschließend wird mithilfe geeigneter Software ein technischer Entwurf erstellt.

Das **System assistiert** in diesem Prozess: Es schlägt mögliche Konfigurationen vor, v. a. Rahmen und Rahmenmaterialien, Motorposition sowie entsprechende Kombinationen von Motor, Akku und Steuerung. Parallel prüft es, welche Anforderungen die Konstruktion an die Montage und die (Teile-)Logistik stellt bzw. ob sie montagegerecht ist. Bei neuen oder veränderten Bauteilen tritt der/die Entwickler/in in den Austausch mit möglichen Zulieferern.

Schrittweise wird der Entwurf verfeinert und konsolidiert. Vor der Erstellung eines Prototyps gibt es **umfangreiche Prüfungen und interne Diskussionen** (u. a. mit Vertrieb und Marketing sowie zumindest den operativ-technischen Auftragsverantwortlichen) zur Machbarkeit und Umsetzung.

Bei der Erstellung des Prototyps arbeitet der/die Entwickler/in **eng mit den Zulieferern** sowie den **Mitarbeitern/innen des Manufaktur-Bereichs** zusammen. Dabei wird betrachtet, ob der Entwurf den Montageanforderungen entspricht und ob Änderungen der Prozesse, auch der Lieferkette inklusive der Intralogistik, notwendig sind. Diese werden wiederum mit **Verantwortlichen für das Leit- und Steuerungssystem in der IT** abgestimmt.

Das Testen des Prototyps geschieht in Zusammenarbeit mit einem externen, auf eBikes spezialisierten **Prüflabor**, welches u. a. Normen prüft und ggf. zertifiziert. Auf Basis der Testergebnisse und der entsprechenden Datenauswertungen wird das Konzept weiter optimiert oder aber verworfen.

Am Ende bereitet der/die Entwickler/in die **Serienmontage** vor. Dazu müssen, teils automatisiert, teils persönlich, Basisverträge mit Zulieferern abgestimmt bzw. neu verhandelt werden (gemeinsam mit Einkauf und Rechtsabteilung). Darüber hinaus müssen gemeinsam mit der IT die Daten für die Intralogistik und die Assistenzsysteme aufbereitet werden.

Selbst mit einem erfolgreichen Serienhochlauf endet der Entwicklungsprozess allerdings nicht, da immer wieder Optimierungen, sowohl der eBikes als auch der Prozesse, vorgenommen werden.

### Tätigkeiten, Arbeitsbedingungen und Qualifikationen bei der Entwicklung bei FiveBike

Angestellten in der Entwicklungsabteilung steht für ihre Arbeit eine umfangreiche **digitale Ausstattung** zur Verfügung. Softwarewerkzeuge, -systeme und Hardware ermöglichen ein „durchgängiges“ digitales Engineering und stehen direkt mit dem Leit- und Steuerungssystem in Verbindung. Zur Arbeitsplatzausstattung gehören Papier und Bleistift genauso wie 3-D-Drucker sowie moderne Kommunikationsmittel und -geräte.

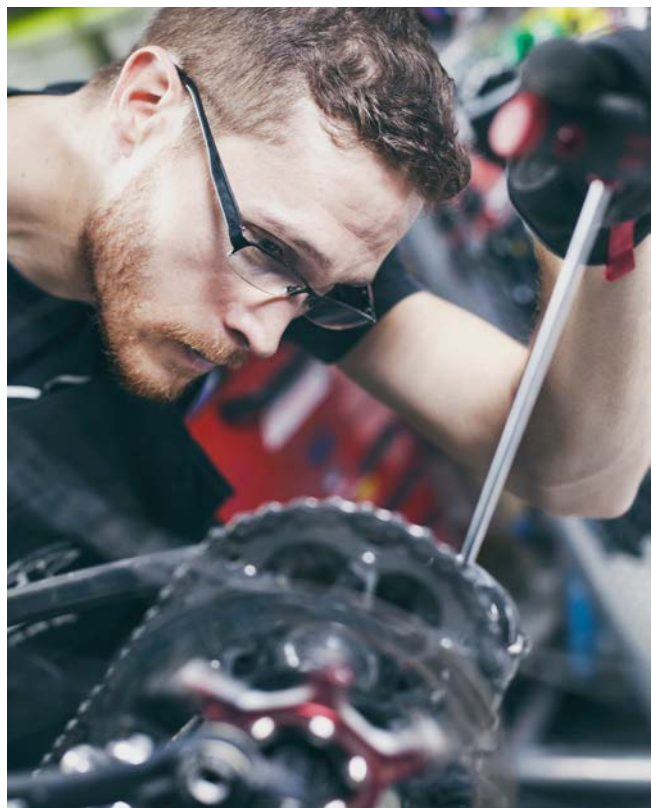
Die Arbeit in der Entwicklungsabteilung ist geprägt durch den **Umgang mit und die Koordination von vielen Schnittstellen** innerhalb des eigenen Unternehmens und mit Zulieferern. Besonders mit den folgenden Stellen ist die Kommunikation besonders intensiv:

- mit den Entwicklungsabteilungen und anderen Abteilungen der Zulieferer,

- mit Vertrieb und Marketing (bzgl. Wünschen, Nachfragen und Umsatzprognosen; Rückmeldungen von Kunden sowie Service/Händlern),
- mit den operativ-technischen Auftragsverantwortlichen (s.o.),
- mit der IT-Abteilung (Erstellen/Einpfelegen der Steuerung für neue Produkte und Prozesse; Entwickeln/Verbessern von Assistenzsystemen für die Montage) und
- mit einzelnen Montagebeschäftigten (v. a. beim Prototypenbau und den ersten „Serien“-Montagen bzw. den Produktionshochläufen).

Entwickler/innen bei FiveBike sind **Techniker/innen und Ingenieure/innen** für Produkte und Produktionssysteme gleichzeitig, die **interdisziplinär denken und agieren** können. Der Qualifizierungsbedarf der Mitarbeiter/innen beinhaltet neben guten **Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten**:

- Kundenbedürfnisse zu kennen, um ein für Kunden attraktives eBike (mit einem angemessenen Preis-Leistungs-Verhältnis) zu entwickeln,



- Kenntnis über aktuelle Entwicklung von Neuheiten, entweder aus Marketing-Gründen oder aus technischen Möglichkeiten (z. B. weitere Verkleinerung der Akkus),
- Kenntnis über Verbesserungs-/Optimierungsmöglichkeiten im Montageprozess (z. B. hinsichtlich Kosten, Ergonomie, Flexibilität, Steuerbarkeit) und
- Koordination zwischen Ideen, digitalen Entwürfen (im System) und Realität.

Bei FiveBike wird es über die Entwickler/innen hinaus noch eine Beschäftigtengruppe geben, die die notwendigen Informationen bzw. **Daten entweder manuell erfasst oder die Qualität der automatisierten Erfassung gewährleistet**. Denn – wie geschildert – müssen sämtliche Zusammenhänge zwischen Produkt und Produktion (hier: Montage) sowie Logistik und allem, was damit zusammenhängt, berücksichtigt werden. Diesen Prozess vollständig automatisieren zu können, erscheint nach bisherigem Entwicklungsstand unwahrscheinlich. So erzeugen aktuell verfügbare Programme z. B. keine sinnvollen, nicht-trivialen Montageanleitungen auf unterschiedlichen Niveaus für Assistenzsysteme. Dementsprechend wird es auch hier auch in Zukunft qualifiziertes Personal brauchen.

### 3.3 Montage bei FiveBike

Im Unternehmen FiveBike gibt es zwei Montagelinien: Eine Linie ist für größere Aufträge verantwortlich, die zweite ist ein Manufaktur-Bereich für Einzel- und Kleinaufträge, Prototypenfertigung u. Ä.

#### Arbeiten in der hochautomatisierten Linie für Großaufträge erleichterte und verdichtete Arbeit

Die Linie für größere Aufträge ist **hochautomatisiert**. Das heißt, dass jedes (zukünftige) eBike, beginnend mit dem Rahmen, einzeln auf selbstfahrenden, identifizierbaren Werkstückträgern durch die einzelnen Stationen (u. a. Laufräder, Montage von Steuersatz, Tretlager, Motor, Steuerung und Verkabelung, Lenker, ...) gesteuert wird. Die Zulieferung der zu montierenden Teile erfolgt vollautomatisch.

Die Beschäftigten montieren an einzelnen Stationen – in Abhängigkeit vom jeweiligen Auftrag – die entsprechenden Teile. Sie werden durch **zum jeweiligen Auftrag passende, elektronische Arbeitsanleitungen unterstützt**. An jeder Station erfolgt abschließend eine Erfolgs- und Qualitätskontrolle (inklusive elektronischer Dokumentation), die durch ein Assistenzsystem gestützt wird. Die **Assistenzsysteme** lassen sich auf verschiedene Grade von Unterstützung einstellen, sodass es auch möglich ist, schnell neue Mitarbeiter/innen anzulernen.

#### Selbstorganisiertes Arbeiten im Manufaktur-Bereich

Der Manufaktur-Bereich von FiveBike besteht aus **Boxen**, in denen je ein aus zwei Personen bestehendes Team arbeitet („Werkstattfertigung“). Auch hier gibt es selbstfahrende und jederzeit identifizierbare Transporteinrichtungen. Sie werden bereits im Lager automatisch mit allen zum jeweiligen eBike gehörenden, zu montierenden Einzelteilen bestückt und in die jeweilige Box geliefert. Die einzelnen Teams wählen aus Vorschlägen elektronisch jeweils ihren nächsten Auftrag aus und montieren dann an ihrem jeweiligen Platz das gesamte eBike. Den Abschluss bildet eine dokumentierte Erfolgs- und Qualitätskontrolle.

#### Tätigkeiten, Arbeitsbedingungen und Qualifikationen bei der Montage von FiveBike

Der eigentliche Montageprozess wird durch die auftragsgesteuerte Produktion wenig beeinflusst, denn Montage ist schon heute weitgehend automatisiert. Folgende Unterschiede sind in den Arbeitsprozessen aber denkbar bzw. schon heute vielfach Realität:

- Auftragsunterlagen sind nicht mehr auf Papier, sondern digital verfügbar. Auf sie wird durch entsprechende Endgeräte zugegriffen (Tablet, Smartphone o. Ä.), dasselbe gilt für Plantafeln, Kanban<sup>1</sup>-Karten oder KVP<sup>2</sup>-Tafeln und Ähnliches.
- Durch die selbstorganisierende Logistik ist das Material deutlich besser und schneller verfügbar, es gibt weniger Suchen nach Teilen und Stillstände.

1 Kanban: Methode der Produktionssteuerung, die sich am tatsächlichen Verbrauch von Materialien am Bereitstell- und Verbrauchsort orientiert und eine Reduktion der lokalen Bestände von Vorprodukten ermöglicht.

2 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess.

- Arbeit ist „verdichtet“, durch die bessere Materialverfügbarkeit, aber auch durch immer unterschiedlich zu montierende Fahrräder, ggf. auch durch knappere Zeitvorgaben.
- Arbeit wird erleichtert, durch noch mehr Assistenzsysteme, bessere Ergonomie und andere Unterstützung.
- Die Arbeitsteilung mit und in automatisierten (Teil-) Prozessen unterliegt neuen Bedingungen (s. Kapitel 4).
- Die Form der Arbeitsorganisation ändert sich, weil die Gesamtorganisation und die Prozesse anders gestaltet sind.

In beiden Linien kommen Arbeitsmittel wie z. B. ein Leitsystem, Werkstückträger, Werkzeuge (Schraubendreher/Akkuschrauber, Zangen etc.) und elektronische Assistenzsysteme (mit entsprechenden Interfaces) zum Einsatz. Die Arbeit selbst gestaltet sich aber in den beiden Linien anders:

Für die Montage beschäftigt FiveBike teilweise **Angelernte und Fachkräfte** (insbesondere Zweiradmechatroniker, aber auch andere Metall- und Elektroberufe). Diese werden weniger durch die klassisch definierten „Meister“ angeleitet, sondern durch Auftragsverantwortliche und Techniker/Ingenieure, auch sogenannte „Instandhalter“. An sie werden verschiedene Anforderungen gerichtet, wie z. B. korrekte Montage, gesicherte Qualität, hohe Geschwindigkeit/hoher Durchsatz, aber auch die nachhaltige Absicherung des Montageprozesses durch gegenseitige Unterstützung in den Gruppen, Teamteaching, aktives KVP.

In der Montage gibt es **verschiedene Schnittstellen mit unterschiedlichem Koordinationsbedarf**. Sie unterscheiden sich je nach Linien- oder Manufaktur-Bereich. Unverzichtbar ist die Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen und mit Auftragsverantwortlichen, ggf. auch Zusammenarbeit mit Instandhaltung und PP-Entwicklern. Neue Qualifizierungsbedarfe umfassen daher interdisziplinäres Denken und Agieren, Teamarbeit und den Umgang mit Daten.

Hinsichtlich der **Arbeitsbedingungen** sind bei FiveBike alle Varianten von sehr schlechter bis zu sehr guter Arbeit denkbar. Das gilt für die Arbeitsgestaltung (z. B. Jobrotation, auch zwischen Linie und Manufaktur; gegenseitige Unter-

stützung in Teams, auch bei der Kompetenzentwicklung; Selbstorganisation der Aufträge in Gruppen, nur mit Gruppenleitern und Auftragsverantwortlichen, ohne klassische Meister) genauso wie für (flexible) Arbeitszeiten und natürlich den Arbeits- und Gesundheitsschutz (z. B. Ergonomie).

### 3.4 Kontinuierliche Optimierung bei FiveBike: Das Optimierungsteam

FiveBike versucht kontinuierlich, die **Effizienz und Effektivität** der auftragsgesteuerten Herstellung von eBikes zu **steigern**. Dazu gehört vor allem die Optimierung des Auftragsabwicklungsprozesses einschließlich der Montage. Verantwortlich für die Steuerung und kontinuierliche Optimierung aller Prozesse im Unternehmen ist das **interdisziplinäre Optimierungsteam**.

Seine Aufgabe ist es, Prozesse zu **überwachen, zu steuern und weiter zu optimieren**, so dass sie möglichst kostengünstig und schnell ablaufen. Der Optimierungsprozess verläuft dabei von der automatischen Auftragsannahme über die Montage bis zur Übergabe an den Logistikdienstleister. Neben den Prozessen in der Montage werden unterstützende, parallele Prozesse begutachtet, wie die Auftragsabwicklung aus kaufmännischer Perspektive (inklusive Controlling, Buchhaltung, Rechnungslegung, Einkauf, Beauftragung der Logistik, Vertragsmanagement usw.).

#### Tätigkeiten, Arbeitsbedingungen und Qualifikationen beim Optimierungsteam

Wesentliche Tätigkeiten des Teams für die Optimierung sind **Datenanalysen und Simulationen**. Die vorhandenen Daten bilden alle Prozesse in Echtzeit ab und jeder Prozess wird am Bildschirm visualisiert. So können die Daten permanent analysiert werden. Zu den Aufgaben der Datenanalyse gehört dabei, die Montage- und Lieferzeiten so kurz wie möglich zu halten. Dazu werden **Algorithmen**, welche die verschiedenen Aufträge koordinieren, priorisieren und ihrem Durchlauf durch die Montage zugrunde liegen, beständig optimiert. Zusätzlich werden einzelne **Prozessschritte verbessert**, z. B., wenn Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Prozessschritt und der Qualität der Produkte feststellbar sind. Auch die **präventive Wartung und Instandhaltung** der Anlagen und Roboter gehört zu den Aufgaben der Datenanalyse des Optimierungsteams.



Schließlich liefert die Datenanalyse die Grundlage für die Produktentwicklung sowie die Weiterentwicklung des Montageprozesses, der internen Logistik und der Verpackung.

Als **Arbeitsmittel** stehen dem Team zur Verfügung:

- Software und Systeme für durchgängiges digitales Engineering der Prozesse, Anlagen und Roboter: v.a. für Entwicklung, Programmierung und Konfiguration;
- Software des Leit- und Steuerungssystems für die Prozesse: v.a. für Überwachung, Datenerfassung, Konfiguration;
- Simulationssysteme für die Prozesse, Anlagen und Roboter als Werkzeug für die Optimierung;
- Modelle, Muster, Prototypen (virtuell, auf Papier, zum Anfassen);
- Software und Hardware für Big Data Analytics;
- Kommunikationsmittel und -geräte.

Das interdisziplinäre zusammengesetzte Team besteht aus **Informatikern, Mathematikern, Ingenieuren, Software-Entwicklern, Kaufleuten und Betriebswirten**. So bringt das Team die unterschiedlichen Prozesse und entsprechenden Perspektiven zusammen. Dazu gehören:

- der Montageprozess aus Sicht der Produkte, d.h. es geht um eBikes, die so gestaltet sind, dass sie (teil-)automatisch montiert werden können,
- der Montageprozess aus Sicht der Steuerung bzw. des Leitsystems, d.h. es geht sowohl um das Zusammenspiel von Mechanik (metallverarbeitender Anlagen und Roboter) mit Elektronik und IT (inklusive Leitsystem) als auch um das Zusammenspiel der Montageanlagen, Roboter und des (fahrerlosen) Transportsystems,
- der Prozess der Qualitätssicherung und des Qualitätsmanagements, der sowohl die automatische Überprüfung der Montage als auch die gesamte Prozessdokumentation umfasst, und
- der kaufmännisch-organisatorische Prozess, vor allem die laufende Rechnungslegung, Liquiditätskontrolle und Organisation der Logistik.

Teammitglieder des Optimierungsteams benötigen neben ihrer spezifischen Fachqualifikation Erfahrung in **Schnittstellenmanagement und Kommunikation**, denn sie bilden die Nahtstelle zwischen allen Prozessen und Systemen, zu den beiden anderen Gruppen im Unternehmen (Instandhalter-Operatoren und Verwaltung-Finanz) sowie zu Dienstleistern. Darüber hinaus kommuniziert das Team auch nach außen, d.h. zu Auftraggebern und zur Ausgangslogistik.



## 4 Fazit und Ausblick

Anhand des hier beschriebenen Szenarios wird deutlich, dass sich in der hochautomatisierten Montage selbst bezüglich Abläufen und Qualifizierung vielleicht wenig verändert, dass aber dennoch neue **Kompetenzen** für die Arbeitsgestaltung 4.0 notwendig sein werden:

1. Systemkompetenz: Das oben dargestellte vernetzte Arbeiten im Rahmen von vernetzten Produktionsfähigkeiten und -kapazitäten und entlang von Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerken setzt ein hohes Verständnis vernetzter, intelligenter Systeme voraus.
2. Ebenfalls notwendig ist ein tiefergehendes Prozessverständnis für physische und digitale Prozesse in cyber-physischen Systemen (CPS).
3. Allen oben beschriebenen Tätigkeiten ist gemeinsam, dass ein fach-/und funktionsübergreifendes Arbeiten und Lernen, besonders im Bereich IT, Elektrotechnik und Mechanik, notwendig ist. Das setzt die Bereitschaft zu kontinuierlichem Lernen voraus und führt zu der Notwendigkeit, dass manche Beschäftigte, die lange im Job sind, das Lernen erst wieder lernen müssen.
4. Interdisziplinäre, überfachliche Kompetenzen für Kooperation, Kommunikation und Organisation ermöglichen die Arbeit über die einzelnen Schnittstellen im Prozess hinaus.
5. Bei aller Automatisierung haben Eigenverantwortung und selbstorganisierte Arbeit auch weiterhin Bestand (z. B. in der Annahme von Aufträgen etc.). Durch diese Entscheidungsfähigkeit entsteht ein Freiraum gegenüber intelligenten Systemen.
6. Zuletzt bewirken die überwiegend dezentralen Prozesse weitgehende Veränderungen in der Zusammenarbeit und erfordern ein neues Führungsverständnis.



In ihrer Arbeit stellt die AG 5 ausblickend fest, dass Technologie- und Innovationsmanagement nicht isoliert betrachtet werden können, sondern einer arbeitswissenschaftlichen Fundierung bedürfen. **Technologiebezogene Arbeitsforschung und -gestaltung** kann nämlich einen positiven Beitrag zur Sicherung der Beschäftigung und zur Steigerung der Arbeitsqualität leisten. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass neue Wertschöpfung in der digitalisierten Welt zusätzliche und neue Arten der Beschäftigung ermöglicht. Der zunehmenden Automatisierung stehen Eigenverantwortung und Selbstorganisation der Mitarbeiter gegenüber. Gerade im Einführungsprozess neuer Technologien stellen nicht nur deshalb die **Beteiligung und Partizipation**

**der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter** einen kritischen Erfolgsfaktor dar.

Grundsätzlich, so ein weiteres Fazit der AG, sollten Qualifizierung, Aus- und Weiterbildung sowie Kompetenzentwicklung **geschäftsprozessorientiert und flexibel** gestaltet werden, um dem **kontinuierlichen Wandel** gerecht zu werden. Hier entsteht auch zukünftig ein hoher Bedarf an individualisierter Weiterbildungs- und Mediendidaktik des Lernens am Arbeitsplatz. Die sozialpartnerschaftliche Zusammenarbeit der Arbeitsgruppe zeigt, dass die Zukunft der digitalisierten Arbeit gemeinsam gestaltet werden kann.

#### AUTOREN

Arbeitsgruppe 5 und Dr. Irmhild Rogalla

