

## V. Objektbezogene Tätigkeiten

*Jan Terhoeven, Mathias Certa, Sascha Wischniewski*

Neue Technologien verändern die heutige Arbeitswelt und können dort einen Wandel gesellschaftlicher Einstellungen zu Arbeitsorganisation und -gestaltung bewirken. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Arbeit im digitalen Zeitalter menschengerecht gestaltet werden kann. Für eine Ableitung konkreter Gestaltungsempfehlungen gilt es allerdings zunächst, auszuarbeiten, welche Anforderungen bereits heute an unterschiedliche Tätigkeiten gestellt werden und wie sich dabei der Digitalisierungsstand verschiedener Tätigkeitsgruppen darstellt.

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit objektbezogenen Tätigkeiten (vgl. Kapitel II). Diese zeigen sich als eine wesentliche Gruppe bei der Differenzierung von Arbeitstätigkeiten bezüglich des Arbeitsgegenstandes (Hacker & Sachse, 2014). Grundsätzlich sind objektbezogene Tätigkeiten solche ausführenden Tätigkeiten, welche unmittelbar mit der Leistungserstellung und -verwertung eines Unternehmens in Zusammenhang stehen und gleichzeitig nicht lenkender oder leitender Natur sind (Gutenberg, 1983). Dabei ist das zentrale Merkmal, dass es sich um monologische Tätigkeiten an bzw. mit Objekten handelt. In diesen Tätigkeiten ist der Anteil der Interaktivität deutlich geringer als bei den vornehmlich dialogischen, personenbezogenen Tätigkeiten (Hacker & Sachse, 2014). Eine weitere Abgrenzung von objektbezogenen Tätigkeiten erfolgt anhand der Beschaffenheit der betrachteten Objekte. Demnach nutzen objektbezogene Tätigkeiten überwiegend materielle Güter zur Leistungserstellung, während informationsbezogene Tätigkeiten primär auf das immaterielle Gut „Wissen“ zurückgreifen (Dangelmeier, 2009).

Bei objektbezogenen Tätigkeiten werden materielle Güter, welche als Eingabe in das Arbeitssystem geleitet werden, vor dem Hintergrund der Wertschöpfung in einen anderen Zustand überführt (Ulich, 2005). Diese Veränderung des Objekts wird als Transformationsprozess bezeichnet. Bei den Veränderungen kann es sich um eine örtliche und/oder zeitliche Transformation als auch um eine qualitative und/oder quantitative Zustandstransformation handeln (Dangelmeier, 2009). Bei der örtlichen und zeitlichen Transformation von Objekten handelt es sich insbesondere um Transport- und Lagertätigkeiten. Die quantitative Zustandstransformation

findet sich u. a. in Sortier- und Kommissioniertätigkeiten wieder, während sich die qualitative Zustandstransformation insbesondere bei der Herstellung, Bearbeitung und Behandlung respektive Reinigung von Gütern zeigt (Dyckhoff, 2006).

Für eine menschenzentrierte Gestaltung des digitalen Wandels gilt es zunächst, den Ist-Zustand der Arbeitswelt für die identifizierten Tätigkeitscluster zu beschreiben, um darauf aufbauend gezielte Gestaltungsmöglichkeiten herauszuarbeiten. Hierzu wird im Folgenden zunächst ein kurzer Steckbrief zu aktuellen Arbeitsbedingungen sowie zur Nutzung digitaler Technologien bei objektbezogenen Tätigkeiten auf Basis zweier Datensätze vorgestellt. Davon ausgehend werden Schwerpunkte und Trends der arbeitswissenschaftlichen Forschung auf Basis der derzeitigen Literatur umrissen und mit den Kriterien menschenbezogener Gestaltung von Arbeit in Beziehung gesetzt. Abschließend erfolgt eine Synthese der aktuellen Daten mit den Kriterien in Form von Zukunftsbildern objektbezogener Tätigkeiten.

### 1. Aktuelle Arbeitsbedingungen und Technologienutzung

Im Folgenden werden datenbasiert aktuelle Arbeitsbedingungen von Beschäftigten mit objektbezogenen Tätigkeiten, deren Gesundheit sowie der hier aktuell vorzufindende Stand der Digitalisierung betrachtet. Für eine Bestimmung des Ist-Zustands hinsichtlich der Arbeitsbedingungen im Tätigkeitscluster *Objektbezogene Tätigkeiten* wird die BIBB-BAuA-ETB<sup>1</sup> herangezogen. In dieser werden Beschäftigte u. a. zu insgesamt 16 Tätigkeitsbündeln befragt, wie häufig sie diese Tätigkeiten im Rahmen ihrer Arbeit jeweils ausüben (Wittig et al., 2013). Die Analysen zur Technologienutzung beruhen auf der Befragung „Digitalisierung und Wandel der Beschäftigung“<sup>2</sup>.

---

1 Die BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung ist eine repräsentative, telefonische Querschnittsbefragung von ca. 20.000 Erwerbstätigen, die alle sechs Jahre gemeinsam vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt wird.

2 Die Befragung „Digitalisierung und Wandel der Beschäftigung“ (DiWaBe) ist eine telefonische Erhebung zu den Auswirkungen der digitalen Transformation, die 2019 gemeinsam von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), dem Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) und dem Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) durchgeführt wurde. Befragt wurden ca. 7.500 Erwerbstätige aus etwa 2.000 deutschen Produktions- und Dienstleistungsbetrieben,

Basierend auf der inhaltlichen Abgrenzung objektbezogener Tätigkeiten sowie der Berücksichtigung der Tätigkeitsbündel aus der BIBB-BAuA-ETB, werden für objektbezogene Tätigkeiten die drei Subcluster *Herstellen*, *Transportieren* und *Reinigen* gebildet. Eine ausführliche Beschreibung der Gruppenbildung inklusive der Ein- und Ausschlusskriterien sowie die Aufschlüsselung der gruppenspezifischen soziodemografischen Angaben finden sich in Terhoeven et al. (2021). In den folgenden Abschnitten werden primär auffällige Unterschiede zwischen den Subclustern und der jeweiligen Vergleichsgruppe berichtet.

## 2. Arbeitsanforderungen und Ressourcen

Basierend auf den Analysen der BIBB-BAuA-ETB 2018 nehmen physische Arbeitsbedingungen sowie Umgebungseinflüsse bei *Objektbezogenen Tätigkeiten* eine Sonderstellung ein, da sich hier über alle drei Subcluster hinweg stärkere Ausprägungen gegenüber den restlichen Befragten ergeben.

Abbildung 1 zeigt die Ausprägungen physischer Arbeitsbedingungen in den drei Subclustern gegenüber der allgemeinen Vergleichsgruppe. Dabei ist zu erkennen, dass insbesondere das Arbeiten im Stehen, das Heben und Tragen schwerer Lasten sowie die Arbeit mit den Händen bei besonderen Erfordernissen deutlich häufiger vorkommt als bei anderen Beschäftigten.

---

die bereits 2016 an einer repräsentativen Betriebsbefragung (IAB-ZEW-Arbeitswelt-4.0) teilgenommen hatten.

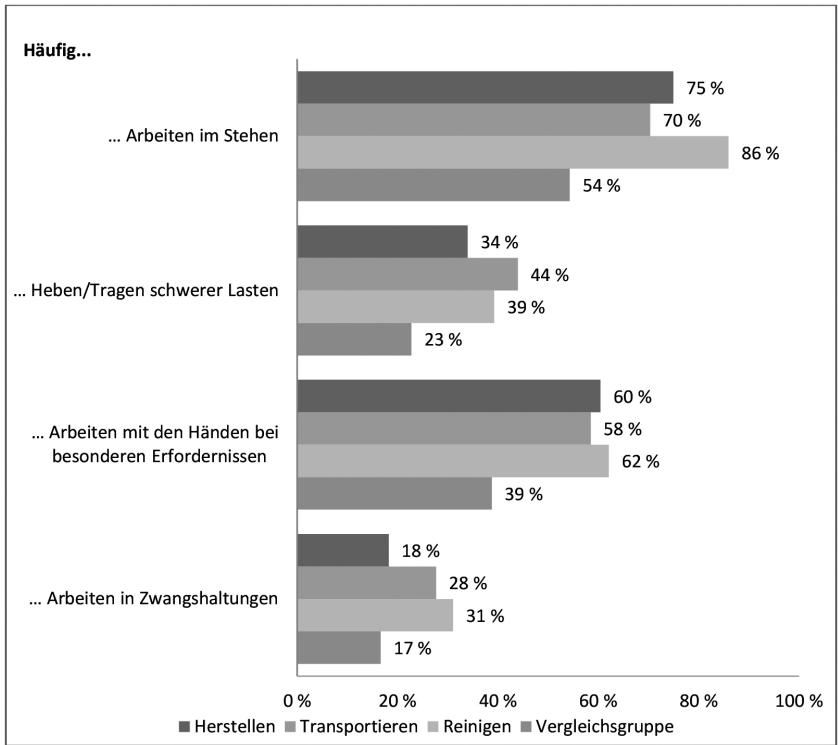


Abbildung 1: *Physische Arbeitsbedingungen bei objektbezogenen Tätigkeiten. Anteil von Befragten mit Angabe häufig (Herstellen n = 1.994, Transportieren n = 4.394, Reinigen n = 1.441, Gesamtvergleichsgruppe n = 11.127).*

Weiterhin sind Beschäftigte im Cluster der *Objektbezogenen Tätigkeiten* bei ihrer Arbeit deutlich häufiger physikalisch-chemischen Umgebungseinflüssen ausgesetzt als andere Beschäftigte (siehe Abbildung 2). Die genaue Analyse der physischen Arbeitsbedingungen wie auch der Umgebungseinflüsse erfolgt im Folgenden gemeinsam mit den weiteren Arbeitsbedingungsfaktoren auf der Ebene der einzelnen Subcluster.

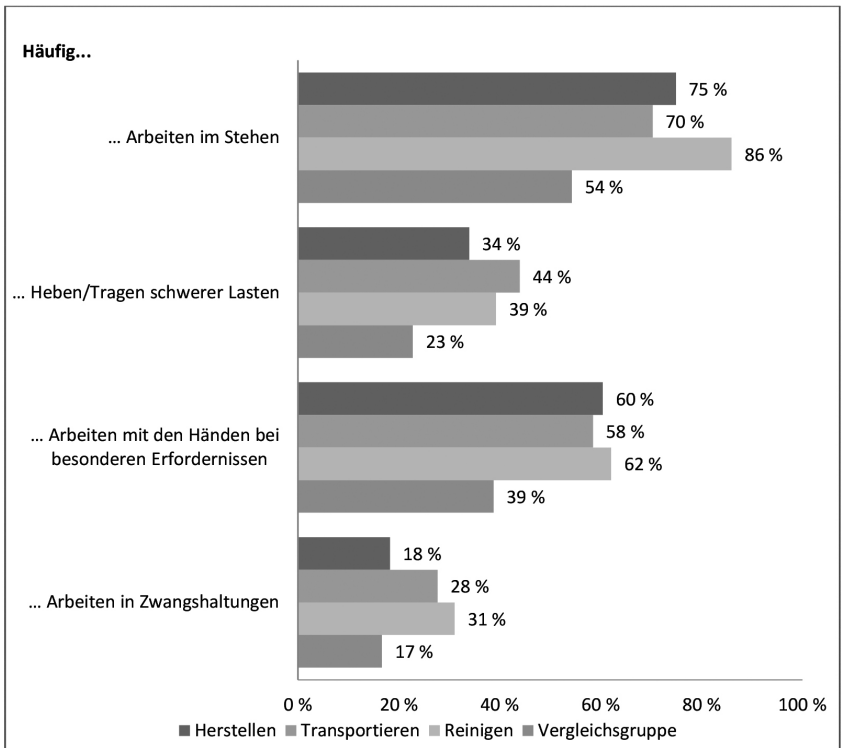


Abbildung 2: Umgebungseinflüsse bei objektbezogenen Tätigkeiten. Anteil von Befragten mit Angabe häufig (Herstellen  $n = 1.994$ , Transportieren  $n = 4.394$ , Reinigen  $n = 1.441$ , Gesamtvergleichsgruppe  $n = 11.127$ ).

### 2.1 Herstellen: geprägt durch repetitive Arbeitsabläufe

Der Großteil der Beschäftigten im Subcluster *Herstellen* (76 %) hat eine Wochenarbeitszeit zwischen 35 und 47 Stunden. Dieser Anteil ist deutlich höher als in der Vergleichsgruppe, in der lediglich 59 % eine solche Wochenarbeitszeit berichten. Dementsprechend arbeiten im Subcluster weniger Beschäftigte in Teilzeit als in der Vergleichsgruppe (11 % vs. 27 %). Teilzeit entspricht in der vorliegenden Analyse einer Wochenarbeitszeit zwischen 10 und 34 Stunden. Gegenüber den restlichen Beschäftigten arbeiten im Subcluster mehr Personen (41 %) in Randzeiten, d. h. vor 7 Uhr und/oder nach 19 Uhr. Ähnlich wie in der Vergleichsgruppe arbeiten 43 % auch häufig am Wochenende. Es zeigen sich weniger Möglichkeiten zur

Arbeit von zu Hause (12 % vs. 29 %). Dahingegen gibt ein geringerer Anteil der Befragten mit Kindern in diesem Subcluster an, dass sie Abstriche zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf gemacht haben (43 %).

### **Lärm als stetiger Begleiter**

Herstellende Tätigkeiten zeichnen sich durch hohe physische Arbeitsanforderungen aus. Beschäftigte mit herstellenden Tätigkeiten arbeiten unter besonderen physikalisch-chemischen Umgebungsbedingungen. Insbesondere das Auftreten von Lärm wiegt im Subcluster deutlich schwerer als in der Vergleichsgruppe (56 % vs. 23 %). Hinzu kommen der Umgang mit Öl, Fett, Schmutz oder Dreck sowie die Arbeit unter dem Einfluss von Rauch, Gasen, Staub oder Dämpfen (siehe Abbildung 2).

Beschäftigte im Subcluster arbeiten überwiegend im Stehen und führen dabei mehrheitlich Tätigkeiten mit den Händen aus, die eine hohe Geschicklichkeit, schnelle Bewegungsabfolgen oder größere Kräfte erfordern. Dabei kommt das Heben und Tragen schwerer Lasten häufiger vor als in der Vergleichsgruppe (siehe Abbildung 2). Übereinstimmend berichten die Beschäftigten im Subcluster *Herstellen* im Mittel über eine höhere Anzahl an Muskel-Skelett-Beschwerden als Beschäftigte in der Vergleichsgruppe (2,4 vs. 2,0).

### **Klare Zielvorgaben bei vorgeschriebener Arbeitsweise**

Hinsichtlich der Arbeitsintensität zeigen sich im Subcluster *Herstellen* bei den Anforderungen keine wesentlichen Unterschiede zur Vergleichsgruppe. Dabei berichten 38 % der Beschäftigten sehr schnell arbeiten zu müssen, 49 % unterstehen einem starken Termin- oder Leistungsdruck und 53 % betreuen verschiedene Arbeiten gleichzeitig.

Gegenüber der Vergleichsgruppe bekommen deutlich mehr Beschäftigte im Subcluster Arbeitsziele wie Stückzahl, Leistung oder Zeit klar vorgegeben. Auch wiederholt sich bei der Mehrheit der Beschäftigten ein und derselbe Arbeitsvorgang regelmäßig. Bei 38 % der Befragten mit herstellenden Tätigkeiten ist darüber hinaus die Arbeitsdurchführung in allen Einzelheiten vorgegeben. Hieraus ergibt sich insgesamt ein höherer Anteil an Monotonie im Subcluster gegenüber der Vergleichsgruppe (siehe Abbildung 3). Bezogen auf den Handlungsspielraum der Beschäftigten im Subcluster *Herstellen* zeigt sich, dass mit 47 % weniger Personen die eigene Arbeit selbst planen und einteilen können als in der Vergleichsgruppe (66 %). Dabei ist es auch seltener möglich, selbst zu entscheiden, wann eine Arbeitspause eingelegt wird.

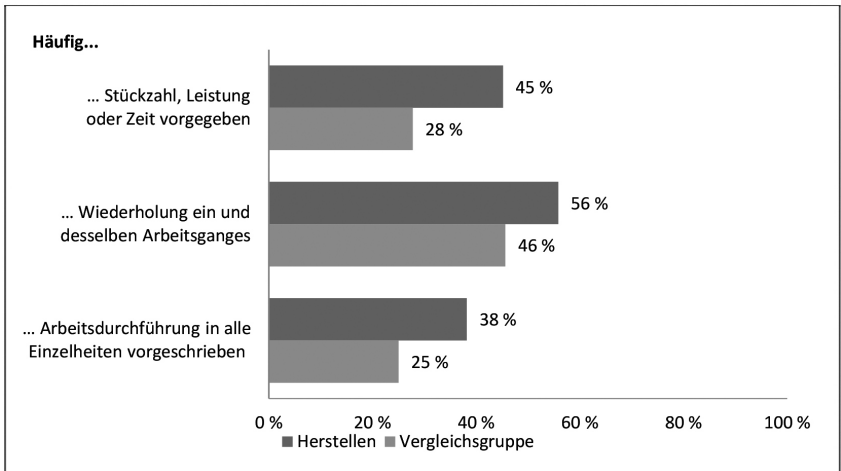


Abbildung 3: Monotonie-Einflussfaktoren im Subcluster Herstellen. Anteil von Befragten mit Angabe häufig (Herstellen  $n = 1.994$ , Vergleichsgruppe  $n = 15.544$ , Gesamt  $n = 17.538$ ).

### Geringe Interaktions- und Kommunikationsanforderungen

Die Mehrheit der Befragten mit herstellenden Tätigkeiten gibt an, dass sie bei der Arbeit auf Probleme reagieren und diese lösen müssen (62 %). Allerdings ist dieser Anteil dennoch deutlich geringer als bei allen anderen Beschäftigten (72 %). Bei weiteren Lern- und Problemlösungsanforderungen zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede zur Vergleichsgruppe. So wird jeweils gut ein Drittel der Befragten im Subcluster sowohl häufig mit neuen Aufgaben konfrontiert sowie mit dem eigenständigen Treffen schwieriger Entscheidungen und der Anforderung bei der Arbeit eigene Wissenslücken erkennen und schließen zu müssen.

Gegenüber der Vergleichsgruppe müssen Beschäftigte im Subcluster *Herstellen* seltener Verantwortung für andere Personen übernehmen (28 % vs. 42 %). Ebenso kommt es seltener zu der Situation, dass andere Personen überzeugt und Kompromisse bei der Arbeit ausgehandelt werden müssen (25 % vs. 44 %). Bei der beruflichen Kommunikation mit anderen Personen zeigt sich kein wesentlicher Unterschied zwischen Subcluster (84 %) und Vergleichsgruppe (90 %).

## 2.2 Transportieren: Arbeit unter Zeitdruck

Im Subcluster Transportieren arbeiten die Beschäftigten mehrheitlich mit einer Wochenarbeitszeit zwischen 35 und 47 Stunden. 23 % der Beschäftigten im Subcluster arbeiten in Teilzeit (10 bis 34 Stunden). Damit entspricht die Verteilung der Arbeitszeit im Subcluster im Wesentlichen der Vergleichsgruppe. Allerdings zeigt sich in diesem Subcluster ein größerer Anteil an Personen (55 %), die auch Wochenendarbeit leisten, als in der Vergleichsgruppe (37 %). Ebenso arbeiten im Subcluster mehr Beschäftigte in den Randzeiten. Von den Befragten mit Transporttätigkeiten können nur etwa 13 % von zu Hause aus arbeiten. In der Vergleichsgruppe liegt dieser Anteil bei 32 %.

### Die Hände tragen eine schwere Last

Mit 70 % arbeitet der Großteil der Beschäftigten im Subcluster im Stehen. Dabei zeigt sich insbesondere, dass Personen mit Transporttätigkeiten mehrheitlich Arbeiten unter besonderen Erfordernissen mit den Händen durchführen und dabei deutlich häufiger schwere Lasten heben und tragen (44 %) als Personen in der Vergleichsgruppe (16 %). Auch beim Arbeiten in Zwangshaltungen wird im Subcluster ein höherer Anteil mitgeteilt als bei den übrigen Befragten.

Höhere körperliche Anforderungen zeigen sich auch daran, dass die Befragten im Mittel eine deutlich höhere Anzahl an Muskel-Skelett-Beschwerden (2,7) sowie auch eine höhere körperliche Erschöpfung (46 %) als in der Vergleichsgruppe (1,8; 34 %) angeben. Darüber hinaus empfinden die Beschäftigten im Subcluster höhere psychosomatische Beschwerden (2,7 vs. 2,3). Der Gesundheitszustand wird auffällig häufiger als weniger gut bzw. schlecht eingestuft als in der Vergleichsgruppe.

Hinsichtlich der Umgebungseinflüsse arbeiten Personen im Subcluster *Transportieren* deutlich häufiger unter ungünstigen, klimatischen Bedingungen wie Kälte, Hitze, Nässe, Feuchtigkeit oder Zugluft als die übrigen Befragten, wobei auch häufiger mehr als die Hälfte des Tages im Freien gearbeitet wird. Gegenüber der Vergleichsgruppe wird die Arbeit unter Lärm im Subcluster ebenso häufiger berichtet wie der Umgang mit Öl, Fett, Dreck oder Schmutz (siehe Abbildung 2).

### Schnelles Arbeiten bei sich ständig wiederholenden Aufgaben

Beschäftigte im Subcluster Transportieren müssen häufiger sehr schnell arbeiten als die übrigen befragten Beschäftigten, wobei sich ein mehrheitlich vorhandener, starker Termin- oder Leistungsdruck gegenüber der Ver-



gleichsgruppe nicht wesentlich bemerkbar macht. Bei 61 % der Befragten wiederholt sich ein und derselbe Arbeitsvorgang regelmäßig. Eine Konfrontation mit neuen Aufgaben wird dabei deutlich weniger berichtet (31 % vs. 42 %). Wie in Abbildung 4 dargestellt, ist bei mehr als einem Drittel der im Subcluster beschäftigten Personen die Stückzahl, Leistung oder Zeit vorgegeben und die Arbeitsdurchführung in allen Einzelheiten vorgeschrieben.

Hinsichtlich des Handlungsspielraums zeigt sich, dass gegenüber der Vergleichsgruppe Beschäftigte im Subcluster seltener ihre eigene Arbeit selbst planen und einteilen können (54 % vs. 67 %).

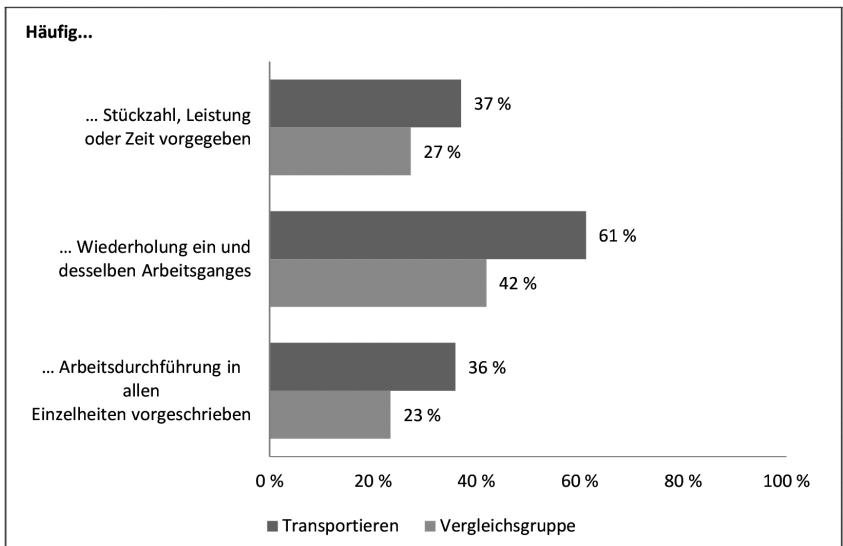


Abbildung 4: Monotonie-Einflussfaktoren im Subcluster Transportieren. Anteil von Befragten mit Angabe häufig (Transportieren  $n = 4.394$ , Vergleichsgruppe  $n = 13.154$ , Gesamt  $n = 17.547$ ).

### 2.3 Reinigen: Monotonie im Stehen

Fast ein Drittel der Beschäftigten im Subcluster *Reinigen* arbeitet in Teilzeit mit einer Wochenarbeitszeit zwischen 10 und 34 Stunden. Die Mehrheit der Befragten mit reinigenden Tätigkeiten hat eine Wochenarbeitszeit zwischen 35 und 47 Stunden. Insgesamt entspricht die Verteilung der Arbeitszeit im Subcluster *Reinigen* im Wesentlichen der Vergleichsgruppe. Im Gegensatz zu den übrigen Beschäftigten (23 %) arbeiten mehr als ein Drittel

der Beschäftigten im Subcluster in den Randzeiten vor 7 Uhr oder nach 19 Uhr. Die Hälfte der betrachteten Personengruppe ist auch, ähnlich wie andere Beschäftigte, häufig am Wochenende tätig. Gegenüber der Vergleichsgruppe (29 %) ist nur in wenigen Fällen (8 %) die Arbeit von zu Hause aus möglich. Gut die Hälfte der Befragten mit Kindern in diesem Subcluster gibt an, dass Abstriche zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf notwendig sind.

### **Reinigen erfolgt zu größten Teilen im Stehen**

Gegenüber anderen Tätigkeiten zeichnen sich reinigende Tätigkeiten durch ein mehrheitliches Arbeiten mit den Händen aus (62 %), bei dem eine hohe Geschicklichkeit, schnelle Bewegungsabfolgen oder größere Kräfte erforderlich sind. Auch das Heben oder Tragen schwerer Lasten erfolgt zu einem größeren Anteil als in der Vergleichsgruppe. Im Subcluster *Reinigen* erfolgen 86 % der Arbeiten im Stehen. Das ist deutlich häufiger im Vergleich zu den anderen Befragten (51 %). Hier zeigt sich auch ein deutlicher Unterschied bei Arbeiten in Zwangshaltungen (siehe Abbildung 1).

Die Arbeiten im Subcluster *Reinigen* unterliegen häufiger physikalisch-chemischen Umgebungseinflüssen als sonstige Tätigkeiten. So geben 24 % der Personen an, häufig unter dem Einfluss von Rauch, Gasen, Staub oder Dämpfen zu arbeiten und 37 % berichten den häufigen Umgang mit Öl, Fett, Dreck oder Schmutz. Gegenüber der Vergleichsgruppe arbeiten die Beschäftigten im Subcluster auch häufiger unter Lärm und bei ungünstigen klimatischen Bedingungen wie etwa Kälte, Hitze, Nässe, Feuchtigkeit oder Zugluft (siehe Abbildung 2).

Beschäftigte im Subcluster *Reinigen* äußern im Mittel entsprechend mehr Muskel-Skelett-Beschwerden (2,9 vs. 2,0) und auch mehr körperliche Erschöpfung (47 % vs. 36 %) als die Vergleichsgruppe. Insgesamt wird der Gesundheitszustand im Subcluster häufiger mit weniger gut bzw. schlecht eingeschätzt (23 % vs. 14 %).

### **Monotonie und geringerer Handlungsspielraum**

Gegenüber den anderen Beschäftigten (62 %) betreuen nur 43 % der betrachteten Personen mit reinigenden Tätigkeiten häufig verschiedene Arbeiten gleichzeitig. Dabei wiederholt sich bei 64 % der Befragten im Subcluster regelmäßig ein und derselbe Arbeitsgang und bei 39 % sind häufig die Stückzahl, Leistung oder Zeit bei der Arbeit vorgegeben. Zu Unterbrechungen bei der Arbeit kommt es deutlich seltener als bei den übrigen Befragten (31 % vs. 48 %).

Hinsichtlich des Handlungsspielraums gibt knapp über die Hälfte der Beschäftigten im Subcluster Reinigen an, dass sie ihre eigene Arbeit selbst planen und einteilen können. Allerdings ist dieser Anteil dennoch geringer als in der Vergleichsgruppe (65 %).

### Wenig Interaktion mit Anderen

Beschäftigte im Subcluster *Reinigen* unterliegen deutlich weniger Lern- und Problemlösungsanforderungen als Beschäftigte anderer Tätigkeiten (siehe Abbildung 5). Nur 24 % der Befragten werden bei ihrer Arbeit häufig mit neuen Aufgaben konfrontiert. Ein Viertel der Beschäftigten im Subcluster muss häufig eigenständig schwierige Entscheidungen treffen. Damit liegt dieser Anteil deutlich unter dem Wert bei den Befragten in der Vergleichsgruppe. Ebenso müssen seltener eigene Wissenslücken erkannt und geschlossen werden.

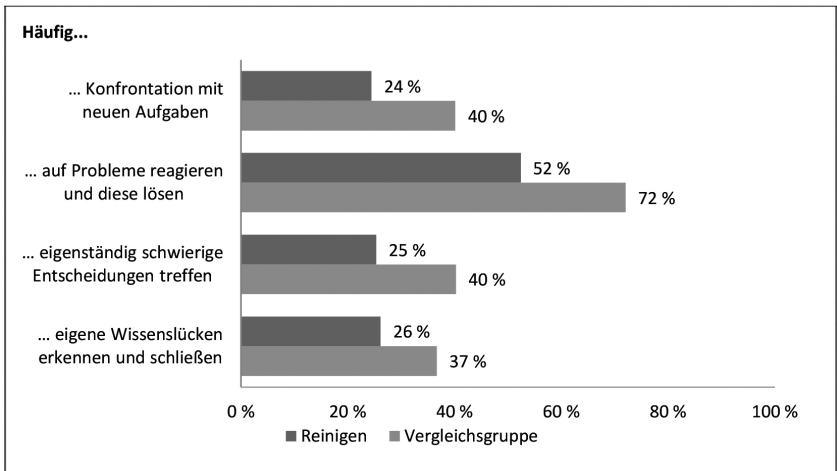


Abbildung 5 : Lern- und Problemlösungsanforderungen im Subcluster Reinigen. Anteil von Befragten mit Angabe häufig (Reinigen  $n = 1.441$ , Vergleichsgruppe  $n = 16.112$ , Gesamt  $n = 17.553$ ).

Gegenüber Beschäftigten mit anderen Tätigkeiten müssen im Subcluster *Reinigen* wesentlich weniger Beschäftigte bei der Arbeit Verantwortung für andere Personen übernehmen. Dabei müssen auch nur 21 % der Befragten andere Personen bei der Arbeit überzeugen oder Kompromisse aushandeln. Mehr als drei Viertel der Befragten im Subcluster *Reinigen* müssen bei der Arbeit häufig mit anderen Personen kommunizieren. Allerdings

liegt auch dieser Anteil deutlich unter der Häufigkeit beruflicher Kommunikation bei den übrigen Befragten außerhalb des Subclusters. Die Interaktions- und Kommunikationsanforderungen sind in Abbildung 6 dargestellt.

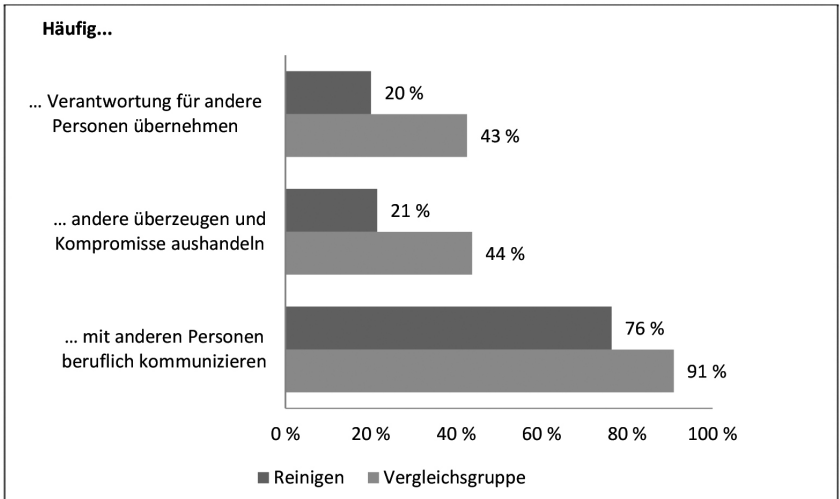


Abbildung 6: Interaktion und Kommunikation im Subcluster Reinigen. Anteil von Befragten mit Angabe häufig (Reinigen  $n = 1.441$ , Vergleichsgruppe  $n = 16.112$ , Gesamt  $n = 17.553$ ).

### 3. Digitalisierungsstand und Technologieeinsatz

Die Beschreibung des Technologieeinsatzes und Abschätzung des Digitalisierungsstandes erfolgt auf Basis der DiWaBe-Befragung. Im Gegensatz zur BIBB-BAuA-ETB 2018 ist dabei eine Auswertung für die drei Subcluster auf Basis einzelner Tätigkeiten nicht möglich, da diese nicht erhoben wurden. Als nächste Annäherung wird an dieser Stelle stattdessen auf die in beiden Befragungen enthaltenen Daten zur Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010) der Bundesagentur für Arbeit zurückgegriffen. (Bundesagentur für Arbeit, 2015). Auch hier finden sich die ausführliche Beschreibung der Gruppenbildung sowie die Aufschlüsselung der gruppenspezifischen soziodemografischen Daten in Terhoeven et al. (2021).

### 3.1 Herstellen: Arbeiten an ortsfesten Maschinen

Die Mehrheit der im Subcluster betrachteten Beschäftigten (57 %) gibt an, dass sie häufig Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bei der Arbeit nutzen. Dies ist ein deutlich geringerer Anteil als in der Vergleichsgruppe (84 %). Die aufgegliederte Nutzung von IKT im Subcluster Herstellen zeigt Abbildung 7 (nur Beschäftigte, die angeben, dass sie mit IKT arbeiten). Dabei wird insbesondere das Smartphone seltener genutzt als bei anderen Beschäftigten. Die Nutzung weiterer Technologien wie Desktop-PC, Laptop und Tablet-PC entspricht in etwa der Nutzung in der Vergleichsgruppe. Bei 42 % der Befragten kommt es häufig vor, dass ihnen die Technologie Handlungsanweisungen über den nächsten Arbeitsschritt vorgibt. Allerdings wird die verwendete IKT nur von 41 % der Personen als computergestützt eingestuft (vs. 73 %).

68 % der Personen geben eine häufige Nutzung von Werkzeugen, Maschinen, Geräten oder Anlagen (WMGA) an. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf ortsfesten Maschinen und Anlagen (66 %). Gegenüber der Vergleichsgruppe (25 %) nutzen nur 15 % der betrachteten Personen häufig Fahrzeuge bei der Arbeit. Dabei geht es insbesondere um die Nutzung von Gabelstaplern.

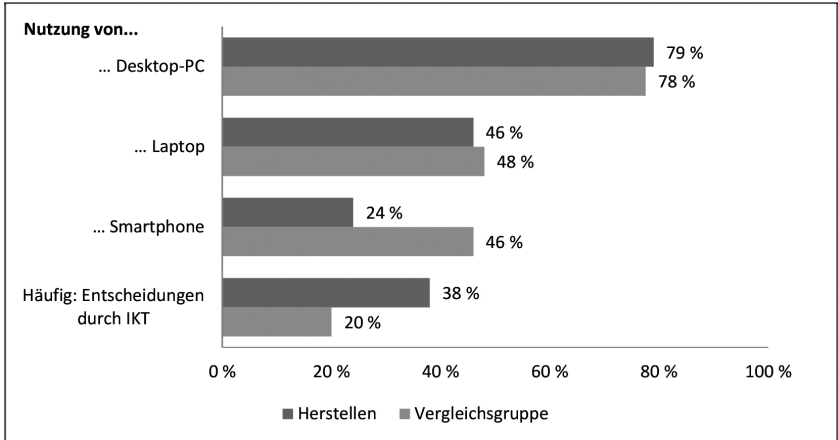


Abbildung 7: Einsatz von IKT im Subcluster Herstellen. (Herstellen  $n = 126$ , Vergleichsgruppe  $n = 6.207$ , Gesamt  $n = 6.333$ ).

Hinsichtlich des Automatisierungs- respektive Digitalisierungsgrads geben die Beschäftigten im Subcluster an, dass sich die Arbeitszeit paritätisch auf

die Arbeit ohne computergestützte Technologien und die Arbeit mit computergestützten oder intelligent vernetzten Technologien verteilt. In der Vergleichsgruppe erfolgt lediglich 36 % der Arbeitszeit ohne die Nutzung computergestützter Technologien. Im Subcluster *Herstellen* kommen auch moderne Trendtechnologien zum Einsatz. So zeigt sich eine teilweise Nutzung von Technologien wie Virtual/Augmented Reality, Künstliche Intelligenz oder 3D-Druck.

### 3.2 *Transportieren: zunehmende Bedeutung des Smartphones*

Im Subcluster Transportieren nutzen nur 57 % der Befragten bei der Arbeit häufig Informations- und Kommunikationstechnologien. Der Fokus liegt dabei auf der Nutzung von Smartphones. Andere Technologien wie etwa der Desktop-PC oder der Laptop werden seltener eingesetzt. Eine häufige Nutzung von Werkzeugen, Maschinen, Geräten oder Anlagen erfolgt von nur 1 % der Befragten.

Demgegenüber nutzen Beschäftigte des Subclusters deutlich häufiger Fahrzeuge bei der Arbeit (88 %) als Personen in der Vergleichsgruppe (25 %). Insbesondere die häufige Nutzung von LKW (84 %) übersteigt den entsprechenden Anteil in der Vergleichsgruppe (11 %) deutlich. Aber auch Stapler sowie Bau- und Landwirtschaftsfahrzeuge werden häufiger bei der Arbeit verwendet. Beim Großteil der Beschäftigten im Subcluster kommt es vor, dass ihnen durch die Fahrzeuge ihre Handlungsanweisungen vorgeben werden.

Die befragten Beschäftigten geben hinsichtlich des Digitalisierungsgrads an, dass bei 44 % ihrer Arbeitszeit computergestützte Technologien zum Einsatz kommen. In der Vergleichsgruppe wird nur bei 33 % der Arbeitszeit ohne computergestützte Technologien gearbeitet.

### 3.3 *Reinigen: bislang nur minimaler Technologieeinsatz*

Im Subcluster *Reinigen* zeigt sich ein minimaler Technologieeinsatz. So nutzen die Befragten nur äußerst selten Informations- und Kommunikationstechnologien bei der Arbeit<sup>3</sup>. Eine Aufschlüsselung der einzelnen Tech-

---

3 In diesem Zusammenhang antworten 92 % der Befragten auf die Frage, wie häufig sie bei der Arbeit Informations- und Kommunikationstechnologien benutzen, mit manchmal, selten oder nie.

nologien ist aufgrund dieses geringen Anteils nicht möglich. Die Nutzung von Werkzeugen, Maschinen, Geräten und Anlagen entspricht in etwa der Vergleichsgruppe.

Hinsichtlich des Gesamt-Digitalisierungsgrads geben die Beschäftigten im Subcluster *Reinigen* an, dass sie bei 78 % ihrer Arbeitszeit keine computergestützten Technologien nutzen. Befragte aus den betrachteten Berufsgruppen beschäftigen sich im Mittel weniger gern genauer mit technischen Systemen als die Vergleichsgruppe (3,7 vs. 2,7 auf einer Skala von 1 = volle Zustimmung bis 5 = gar keine Zustimmung).

#### 4. Diskussion

Die vorliegenden Ausführungen fassen Ergebnisse der BIBB-BAuA-ETB 2018 sowie der DiWaBe zusammen. Dabei handelt es sich um die Darstellung des Digitalisierungsgrads sowie von Arbeitsbedingungsfaktoren für verschiedene Untergruppen von Beschäftigten mit objektbezogenen Tätigkeiten. Für die Auswertungen der DiWaBe wurden drei Berufscluster gebildet, die jeweils nur einen unscharfen Teilausschnitt der jeweiligen Subcluster objektbezogener Tätigkeiten abbilden. Direkte Zusammenhänge zwischen dem Technologieeinsatz und den verschiedenen Arbeitsbedingungsfaktoren können aus diesem Grund nicht abgeleitet werden. Dennoch bietet das Vorgehen die Möglichkeit, bedingt Querbezüge auf Ebene der Subcluster herzustellen.

Mit Blick auf den Digitalisierungsgrad kann festgestellt werden, dass bei objektbezogenen Tätigkeiten grundsätzlich seltener Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt werden als bei anderen Tätigkeiten. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Subcluster untereinander teils stark hinsichtlich des Technologieeinsatzes. Während in den Subclustern *Herstellen* und *Transportieren* noch die Mehrheit der Beschäftigten häufig IKT einsetzen, sind der Technologieeinsatz als auch der Gesamt-Digitalisierungsgrad beim *Reinigen* minimal. Im Subcluster *Transportieren* ist das Smartphone die am häufigsten eingesetzte IKT, bei herstellenden Tätigkeiten der Desktop-PC. Dabei werden Beschäftigten im Subcluster *Herstellen* häufig Handlungsanweisungen über Arbeitsschritte durch die Technologien vorgegeben. Der Einsatz moderner sogenannter 4.0-Technologien, wie z. B. Augmented Reality und 3D-Druck, ist am ehesten beim *Herstellen* zu beobachten, wobei sich das Subcluster auch gegenüber der Vergleichsgruppe heraussticht.

In herstellenden und reinigenden Tätigkeiten werden häufig Werkzeuge, Maschinen, Geräte oder Anlagen eingesetzt. Dabei unterscheiden sich

diese beiden Subcluster dahingehend, dass beim Herstellen ortsfeste Maschinen und Anlagen genutzt werden, während beim Reinigen mobile Geräte oder Werkzeuge ihre Anwendung finden. Beim Transportieren kommt es zu einer sehr hohen Nutzung von Fahrzeugen. Dabei stehen insbesondere Lastkraftwagen im Vordergrund. Ein Großteil der Beschäftigten in diesem Subcluster gibt an, dass bei ihrer Arbeit häufig Handlungsanweisungen durch die Fahrzeuge vorgegeben werden.

### **Noch immer hohe physische Anforderungen**

Hinsichtlich der Arbeitsbedingungsfaktoren sind bei objektbezogenen Tätigkeiten insbesondere höhere physische Anforderungen und ein größerer Einfluss von Umgebungsbedingungen zu beobachten. Im Vergleich zu anderen Tätigkeiten zeichnen sich objektbezogene Tätigkeiten insbesondere durch die Arbeit im Stehen aus. Dabei kommt es häufig zur Handhabung schwerer Lasten sowie zu Arbeiten mit den Händen, die eine hohe Geschicklichkeit, schnelle Bewegungsabfolgen oder größere Kräfte erfordern. Übereinstimmend zeigen sich insgesamt mehr Muskel-Skelett-Beschwerden und eine höhere körperliche Erschöpfung als bei anderen Tätigkeiten. Hinsichtlich der wirkenden Umgebungsbedingungen sind die Subcluster zwar grundsätzlich stärker ausgeprägt als die Vergleichsgruppe, unterscheiden sich auf Einzelebene allerdings voneinander. Beim Herstellen ist insbesondere die Arbeit unter Lärm stark ausgeprägt. Ebenso müssen die Beschäftigten dort häufig mit Öl, Fett, Dreck oder Schmutz umgehen. Letzteres zeigt sich natürlich auch im Subcluster *Reinigen*. Darüber hinaus müssen Beschäftigte mit reinigenden Tätigkeiten ebenso wie beim Transportieren häufig bei ungünstigen klimatischen Bedingungen arbeiten. Im Subcluster *Transportieren* kann dies vermutlich mit dem hohen Anteil an Arbeit im Freien zusammenhängen. Insbesondere bei der Auswahl digitaler Arbeitsmittel sind bei objektbezogenen Tätigkeiten somit die jeweiligen Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen, um eine störungsfreie Interaktion zwischen Beschäftigten und Arbeitsmittel zu gewährleisten.

Bei objektbezogenen Tätigkeiten zeigen sich geringere Lern- als auch Interaktionsanforderungen bei der Arbeit als bei anderen Tätigkeiten. Es kommt seltener dazu, dass Beschäftigte vor neue Aufgaben gestellt werden und auch der Anteil beruflicher Kommunikation ist geringer. Insbesondere beim *Reinigen* nimmt die berufliche Kommunikation einen deutlich geringeren Anteil gegenüber anderen Tätigkeiten ein. Personen mit objektbezogenen Tätigkeiten können darüber deutlich seltener ihre eigene Arbeit selbst planen oder einteilen. Die einzelnen Arbeitsvorgänge wiederholen sich in allen Subclustern regelmäßig, wobei den Beschäftig-



ten häufig die Stückzahl, Leistung oder Zeit vorgegeben ist. Somit zeigt sich eine Tendenz zu monotonen Arbeitsabläufen bei objektbezogenen Tätigkeiten. Dabei ist den Beschäftigten in den Subclustern *Herstellen* und *Transportieren* häufig die Arbeitsanweisung bis in alle Einzelheiten vorgeschrieben. Dies kann innerhalb der beiden Subcluster in einen Zusammenhang mit den Ergebnissen der DiWaBe gebracht werden. So deckt sich das Vorschreiben der Arbeitsanweisungen für das Herstellen mit der häufigen Vorgabe von Handlungseinweisungen mittels IKT (z. B. digitale Montageanleitung) und für das Transportieren mit der häufigen Vorgabe von Handlungsanweisungen mittels Fahrzeugen (z. B. Navigationssystem).

### **Weitere Potenziale für den Einsatz digitaler Technologien**

Insgesamt lässt sich feststellen, dass objektbezogene Tätigkeiten einen eher geringen, Tätigkeiten beim Reinigen sogar einen sehr geringen Digitalisierungsgrad hinsichtlich der genutzten Arbeitsmittel aufweisen. Vor dem Hintergrund eines zunehmenden Einzugs moderner als auch intelligenter Informations- und Kommunikationstechnologien in die Arbeitswelt gilt es für objektbezogene Tätigkeiten insbesondere, die jeweils vorhandenen Umgebungseinflüsse als Kriterien für die Technologieauswahl heranzuziehen. Dies kann z. B. im Falle informatorischer Assistenztechnologien entscheidend für die Bedienbarkeit der Systeme sein und somit auch direkten Einfluss auf die Akzeptanz seitens der Beschäftigten haben. Weiterhin kann für die jeweiligen objektbezogenen Tätigkeiten im Einzelnen geprüft werden, ob der Einsatz physischer Arbeitsassistenz, z. B. Exoskelette, einen möglichen positiven Einfluss auf die physischen Anforderungen haben kann. Mit Blick auf die Arbeitsanforderungen ist zu prüfen, ob es bei objektbezogenen Tätigkeiten u. a. durch den Einsatz moderner Arbeitsmittel möglich ist, Konzepte zur Reduzierung von Monotonie und zur Generierung von Lern- und Gestaltungsspielräumen zu finden. Basierend auf den berichteten Ergebnissen wird vertiefend der Zusammenhang zwischen digitalen Technologien und arbeitsbedingten Belastungen und Beanspruchung betrachtet. Es wird untersucht, inwiefern und welche neuen Technologien Einfluss auf die Veränderung tätigkeitsspezifischer Arbeitsinhalte in Zuge der Digitalisierung nehmen. Die übergeordnete Frage dabei ist, was menschengerechtes Arbeiten in der digitalen Arbeitswelt bedeutet und mit welchen Maßnahmen die Arbeitsgestaltung positiven Einfluss darauf nehmen kann.

## 5. Aktuelle arbeitswissenschaftliche Forschung zur Digitalisierung in objektbezogenen Tätigkeiten

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über den Stand der arbeitswissenschaftlichen Forschung für objektbezogene Tätigkeiten<sup>4</sup>. Aktuelle Forschungsthemen werden dabei zu den formulierten Kriterien für eine menschengerechte Gestaltung der digitalen Arbeitswelt (vgl. Kapitel I) in Bezug gesetzt. Wesentliche Schwerpunkte im aktuellen Stand der Literatur zu objektbezogenen Tätigkeiten finden sich dabei insbesondere zu den Themen Robotik, physische Ergonomie, kognitive Arbeitsassistentz und Künstliche Intelligenz.

### 5.1 Herstellen: zunehmende Kollaboration mit Robotern

Die Forschung zu Tätigkeiten mit herstellendem Charakter, exemplarisch dafür insbesondere die industrielle Fertigung, ist breit aufgestellt. Im Zuge der Digitalisierung werden die Einsatzmöglichkeiten verschiedener Zukunftstechnologien untersucht. Einen ersten Überblick bieten Fletcher et al. (2020), die unter anderem eine Online-Benchmark-Studie zur Bedeutung verschiedener Technologien für Unternehmen im industriellen Sektor durchgeführt haben. Befragt wurden 91 Teilnehmer\*innen aus Branchen mit Bezug zu herstellenden Tätigkeiten. Die Teilnehmer\*innen gaben eine Einschätzung dahingehend ab, inwiefern die jeweilige Technologie als wichtig für die zukünftige Fertigung angesehen oder sogar bereits eingesetzt wird. Tabelle 1 zeigt Auszüge aus den Ergebnissen zur Automobilindustrie und sonstigen industriellen Fertigung.

---

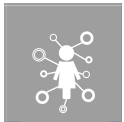
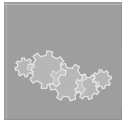
4 Hierbei handelt es sich lediglich um Ausschnitte aus einer laufenden, umfassenden systematischen Literaturrecherche, welche sich in Arbeit befindet und zu einem späteren Zeitpunkt in vollem Umfang und unter detaillierter Beschreibung der Methodik veröffentlicht wird.

Tabelle 1: Einschätzung verschiedener Zukunftstechnologien (Fletcher et al., 2020)

Technologie	Automobilindustrie		Industrielle Fertigung	
	wichtig	in Nutzung	wichtig	in Nutzung
Kollaborative Roboter (Cobots)	74 %	23 %	71 %	27 %
Selbstlernende Systeme	45 %	16 %	49 %	27 %
Fahrerlose Transportsysteme	48 %	32 %	42 %	24 %
Augmented Reality	58 %	10 %	33 %	18 %
Elektr. Hebehilfen/Exoskelette	26 %	32 %	24 %	20 %

Die Tatsache, dass kollaborative Roboter als wichtigste Technologie seitens der Unternehmensvertreterinnen und Unternehmensvertreter eingeschätzt werden, deckt sich mit der Menge an Forschungsaktivitäten in diesem Themenfeld innerhalb der Literatur. Dabei adressiert Pfeiffer (2016) die Sorge, dass ein zunehmender Einsatz von Robotik und Automation zu einer Substitution des Menschen in industriellen Routinetätigkeiten führen kann. Gleichzeitig stellt die Autorin allerdings auch klar, dass der Mensch aufgrund seiner Eigenschaften hinsichtlich Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sowie dem Umgang mit Komplexität nicht so einfach durch eine Maschine ersetzbar ist. Es wird angesprochen, dass sich bei der gegenseitigen Unterstützung von Mensch und Maschine mit ihren jeweiligen Stärken auch wirtschaftliche Potenziale ergeben (Pfeiffer, 2016). Einen vergleichsweise noch kleinen Forschungsbereich bezüglich industrieller Fertigung stellt die Service-Robotik dar. Beispielsweise untersuchen Brandl et al. (2016) die Mensch-Roboter-Interaktion beim Einsatz eines persönlich unterstützenden Service-Roboters in der Fertigung. Ein weitaus breiteres Thema ist die physische Unterstützung des Menschen durch die Robotik. So zeigen Gualtieri et al. (2020) im Rahmen einer Fallstudie zur Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) in der Kabelbaum-Montage auf, dass der Einsatz von MRK Potenziale bietet, die biomechanische Belastung sowie die Körperhaltung von Beschäftigten bei ihrer Tätigkeit zu verbessern. Auch in anderen Untersuchungen ergibt sich die Schlussfolgerung, dass der Einsatz von MRK verschiedene Risikofaktoren für das Muskel-Skelett-System, wie z. B. ungünstige Körperhaltungen und große phy-

sische Lastenhandhabung bei sich ständig wiederholenden Bewegungen, abschwächen kann (Realyvasquez-Vargas et al., 2019). Eine zusätzliche Möglichkeit neben der klassischen Robotik, um Beschäftigte physisch bei der Lastenhandhabung zu unterstützen, sind Exoskelette. Das Potenzial dieser Technologie insbesondere für die Entlastung der Wirbelsäule haben unter anderem Madinei et al. (2020) in ihrer Arbeit untersucht.



Im Rahmen von Stakeholder-Interviews arbeiten Fletcher et al. (2020) Nutzeranforderungen für die Mensch-Roboter-Kollaboration in der industriellen Fertigung heraus. Dabei wird es als sehr relevant angesehen, dass sich die robotischen Systeme bezüglich ihrer Parameter (Sicherheitslevel, Krafteinsatz, Geschwindigkeit, Unterstützungsgrad etc.), im Optimalfall autonom, an die Beschäftigten anpassen können. Dabei sind unter anderem die Erfahrung der Beschäftigten mit Robotern, ihre bevorzugten Arbeitsmethoden, Fähigkeiten als auch physischen Eigenschaften mit einzubeziehen. Weiterhin ist es wünschenswert, dass die Roboter über mobile Endgeräte, Sprach- und Gestensteuerung bedient werden können und mindestens visuelles als auch auditives Feedback geben (Fletcher et al., 2020). Die aufgeführten Nutzeranforderungen sprechen dabei gleich mehrere Kriterien der Arbeitsgestaltung an. Für eine erfolgreiche Implementierung von MRK bedarf es eines hohen Maßes an Technikzuverlässigkeit, um die Sicherheit als auch die Akzeptanz der Beschäftigten zu gewährleisten. Dies wird zusätzlich beeinflusst durch den Grad der technischen Systemtransparenz, um die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine zu erleichtern. Darüber hinaus kann durch eine gute Anpassbarkeit der Roboter an die Beschäftigten auch ein menschenzentrierter Einsatz technischer Innovation erreicht werden.

## Kognitive Arbeitsassistentz und Augmented Reality



Ein zweites großes Themenfeld in der Forschung zu herstellenden Tätigkeiten stellt die kognitive Arbeitsassistentz inklusive der Umsetzung von Augmented Reality (AR) dar. Dabei wird die Nutzung digitaler, informatorischer Assistentzsysteme in vielen Fällen entweder für die Bereitstellung von Arbeitsanweisungen oder für (An-)Lernprozesse untersucht. Im ersten Fall zeigen sich überwiegend Studien, in denen Arbeitsanweisungen über digitale Informationssysteme, wie z. B. Smartphone, Notebook, Projektoren, mit Anweisungen auf Papierbasis hinsichtlich verschiedener Faktoren wie Gebrauchstauglichkeit, Beanspruchung und Leistung verglichen werden (Minow & Böckelmann,

2019; Vernim & Reinhart, 2016). Dabei geben Uva et al. (2017) auf Basis einer Laborstudie an, dass ein projektionsbasiertes AR-Assistenzsystem im Vergleich zu papierbasierten Montageanweisungen zu einer erhöhten Nutzerakzeptanz, einer Leistungsverbesserung sowie einer Reduzierung der Aufgabenkomplexität führt. Borisov et al. (2018) vergleichen sechs verschiedene Mensch-Maschine-Interfaces (u. a. Datenbrille, Headset und Smartphone) im Rahmen einer Feldstudie in der Automobilindustrie mit insgesamt 67 Beschäftigten aus der Qualitätssicherung. Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Umsetzung auf einem Smartphone die höchste Nutzerakzeptanz erreicht. Darüber hinaus weisen aus Sicht der Teilnehmerinnen und Teilnehmer Smartphone und Datenbrille das größte Zukunftspotenzial bei guter Technikgestaltung auf. Auch Fletcher et al. (2020) postulieren ein großes Potenzial der digitalen Informationsversorgung während der Aufgabendurchführung sowie der Nutzung von Multimediainhalten zur Beschreibung von Arbeitsmethoden. Letzteres zeigt sich auch beim Einsatz von digitalen Technologien für Anlernprozesse. Unter anderem werden durch das sogenannte Serious Gaming, welches auch mittels Augmented oder Virtual Reality umgesetzt sein kann, Chancen zu einer Steigerung der Effektivität beim Erlernen komplexer Montagetätigkeiten zugesprochen (Hall et al., 2017). Grundsätzlich gilt es, im Bereich der kognitiven Arbeitsassistenten bereits bei der Technikgestaltung die Lernförderlichkeit zu berücksichtigen. Hierzu kann es auch entscheidend sein, die Informationsbereitstellung und den Unterstützungsgrad an das Erfahrungswissen der Beschäftigten anpassbar zu gestalten (Fletcher et al., 2020).

## Künstliche Intelligenz

Natürlich spielen auch selbststeuernde Systeme und Künstliche Intelligenz (KI) eine zentrale Rolle bei der Forschung zum Herstellen. Insbesondere bei einer zunehmenden Vernetzung in den Fertigungssystemen stehen autonome Planungs-, Entscheidungs- und Steuerungsprozesse im Fokus (Valaskova et al., 2020). Im Themenfeld der KI mit Bezug zur Fertigung sind aktuell verstärkt generelle oder prototypische Machbarkeitsstudien zu finden, bei denen mehr die Funktionsfähigkeit, Effizienz und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht als die Relevanz für Beschäftigte. Hierunter zählen auch fahrerlose Transportsysteme, welche im Bereich der Intralogistik erfolgreich für die Teileversorgung in der Fertigung entwickelt und erprobt wurden (Karabegović et al., 2015; Lopez et al., 2017). Solche Systeme finden sich gemäß Fletcher et al. (2020) auch bereits im produktiven Einsatz in einigen Unternehmen. Fahle et al. (2020) sprechen neben den Potenzialen für die Prozesssteue-



rung und -überwachung allerdings auch Chancen zur kognitiven Unterstützung von Beschäftigten bei der Aufgabendurchführung als auch bei Lernprozessen an. Einen Schritt weiter gehen sogar Mihailidis et al. (2016). Es wird eine kontextsensitive Assistenztechnologie vorgestellt und untersucht, die über ein Sensorik- und KI-basiertes Aufforderungssystem Beschäftigte mit kognitiven Beeinträchtigungen bei einer Montageaufgabe unterstützt. In der Studie zeigen sich positive Ergebnisse bei der Aufgabendurchführung, so dass dieser Art von Technologie auch Möglichkeiten für eine technikbasierte Inklusionsförderlichkeit zugesprochen werden.

## 5.2 Transportieren: notwendige Entlastung

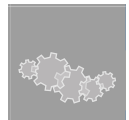


Für Tätigkeiten im Bereich der Kurier-, Post- und Paketdienstleistungen finden sich in der aktuellen Literatur verschiedene Forschungsschwerpunkte. Als ursächliche Motivation für die erforschten Zukunftsthemen zeigen sich insbesondere ein zunehmender Onlinehandel und der Klimawandel (Bosona, 2020). Die Anzahl der innerstädtisch und an Privatpersonen ausgelieferten Pakete steigt enorm an. Auch der inzwischen weitverbreitete und zu großen Teilen auch mit rechtsverbindlichem Charakter mögliche E-Mail-Verkehr führt zu einem Rückgang von Postsendungen bei gleichzeitiger Zunahme von Paketlieferungen (Otsetova, 2019). Termintreue und Kundenzufriedenheit stehen aufgrund des starken Wettbewerbs zwischen den verschiedenen Versanddienstleistern an erster Stelle (Otsetova, 2019; Bosona, 2020). Für die Beschäftigten in dieser Branche bedeutet das einen hohen Termin- und Leistungsdruck bei der Arbeit. Diesem können sie aus verschiedenen Gründen allerdings nicht immer gerecht werden. Insbesondere innerstädtisch resultieren höhere Zahlen bei den Privatlieferungen zusammen mit der sowieso großen Anzahl an Fahrzeugen zu überfüllten Straßen, verkehrsbedingten Verzögerungen und fehlenden Haltemöglichkeiten (Visser et al., 2014). Ein weiterer Grund liegt in der Häufigkeit von Fehllieferungen, d. h. die Kunden werden nicht angetroffen und Pakete müssen umgeleitet werden. Hierdurch kommt es zu einem erhöhten Zeit- als auch Handhabungsaufwand aufgrund von Redundanzen bei der Zustellung (Bosona, 2020). Zwar nimmt die Menge an Post- und Paketstationen sowie teilnehmenden Abholstellen zu, allerdings ist die Kundenakzeptanz diesbezüglich gegenüber einer Privatanlieferung an die Haustür geringer (Visser et al., 2014). Bei gleichbleibender Arbeitsmenge ist die zeitliche Belastung für die Beschäftigten sehr groß. Im Rahmen einer menschengerechten Arbeitsgestaltung gilt es an dieser Stelle, das Verhältnis zwischen Ar-

beitsmenge und effektiv vorhandener Arbeitszeit unter Berücksichtigung der genannten zeitlichen Restriktionen ausgewogen zu halten. Hierzu können die Arbeitsmenge reduziert werden oder Lösungen für effizientere Arbeitsprozesse geschaffen werden. Ewedairo et al. (2018) sprechen diesbezüglich eine Überarbeitung der innerstädtischen Infrastruktur mit Erleichterungen für Anlieferungen an.

### Zunehmende Anforderungen im Umgang mit digitalen Technologien

In der Digitalisierung vieler Geschäftsprozesse bei den Versanddienstleistern liegt gleichzeitig eine große Chance als auch Herausforderung. In den vergangenen Jahren wurden viele digitale Services für den Kunden entwickelt, wie z. B. Online-Zahlungen oder Track & Trace, welche Einfluss auf die Beschäftigten nehmen (Otsetova, 2019). Durch die inzwischen gängige Sendungsverfolgung, teilweise sogar als Live-Tracking umgesetzt, wird die Arbeitsleistung der zustellenden Person sozusagen gläsern. Darüber hinaus adressiert Otsetova (2019) die Notwendigkeit einer digitalen Kompetenzentwicklung für die Beschäftigten der Branche. Services wie digitale Bezahlung oder die Umstellung auf elektronische Zustellbenachrichtigungen erfordern den sicheren Umgang mit mobilen, digitalen Endgeräten, die nicht bei allen Beschäftigten vorausgesetzt werden können. Dem Menschen ist Raum zum arbeitsintegrierten Lernen und zur kognitiven Auseinandersetzung mit den neuen Assistenzsystemen zu gewähren. Bei der Gestaltung von Assistenzsystemen ist darauf zu achten, dass ein hohes Maß an Systemtransparenz vorliegt und unter Nutzung des Erfahrungswissen der Beschäftigten ein angemessener Tätigkeitsspielraum vorliegt.



### Anhaltende physische Belastung

Das große Paketaufkommen durch den Online-Handel resultiert in einer großen Anzahl von Handhabungsvorgängen durch die Beschäftigten innerhalb der Arbeitszeit. Diese fallen beim Be- und Entladen der Fahrzeuge sowie beim manuellen Transport zwischen Fahrzeug und Kunde an. Silva et al. (2020) haben sich in einer Studie mittels Motion Capturing mit der ergonomischen Bewertung von Risiken für das Muskel-Skelett-System von Postangestellten befasst. Die Ergebnisse weisen ein erhöhtes Risiko für Muskel-Skelett-Erkrankungen, insbesondere im Bereich der Schultern, Hals- und Lendenwirbelsäule für die Beschäftigten auf. Es wird eine zunehmende Aufmerksamkeit für den Arbeits- und Gesundheitsschutz für Postangestellte gefordert. Mögliche Innovationen in diesem Themenfeld

können physische Assistenzsysteme, wie z. B. Exoskelette (Madinei et al., 2020), oder auch der Einsatz von Robotik für das automatische Beladen bzw. Sortieren von Logistikeinheiten sein (Grambo et al., 2019; Schuster et al., 2010).



Aufgrund der aktuellen Entwicklungen beim Klimawandel respektive bei der Regulierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erhält die Elektromobilität einen besonderen Stellenwert in der Forschung zur Versandbranche (Visser et al., 2014). Dabei haben die betrachteten Innovationen bei den als Arbeitsmittel genutzten Fahrzeugen auch einen direkten Einfluss auf die Beschäftigten. Denn ein Fokus liegt dabei auf dem Einsatz von elektronisch betriebenen Lastenrädern zur Paketauslieferung (Oliveira et al., 2017). Dabei geht es neben der CO<sub>2</sub>-Emission auch um den zusätzlichen Vorteil der Entzerrung des Straßenverkehrs. Allerdings ist die Umstellung auf Elektromobilität bei den Versanddienstleistern mit großen Einführungskosten verbunden (Bosona, 2020). Auch Schliwa et al. (2015) sehen eine Notwendigkeit in der Einführung von Lastenrädern für die innerstädtische Paketauslieferung. Hierzu wird ein Handlungsbedarf aufseiten der lokalen Politik gesehen (Regularien, Subventionierung, Ausbau der Infrastruktur etc.), um einen entsprechenden Rahmen zu schaffen und die Umstellung auch attraktiv für die großen Unternehmen in der Branche zu machen. Für die Beschäftigten kann die Einführung solcher Lastenräder Chancen im Bereich der Anforderungsvielfalt mit sich bringen. So resultiert die Nutzung von Fahrrädern in neue Bewegungsmuster für die Beschäftigten, die wiederum für eine aktive Gestaltung unter Berücksichtigung der physischen Ergonomie genutzt werden können.

## Einsatz von Drohnen

Als Reaktion auf die Relevanz der Kundenzufriedenheit bezüglich der Termintreue und möglichst kurzen Lieferzeiten setzt sich Forschung auch mit den Potenzialen von Drohnen zur Paketauslieferung auseinander. Die seitens der Unternehmen gewünschte Effizienzsteigerung bei Lieferzeiten wäre zum Teil auch mit Personalkosteneinsparungen und somit Substitutionseffekten aufseiten der Beschäftigten verbunden (Bosona, 2020). Nach McKinnon (2016) wird der Einsatz von Drohnen in dieser Branche aber trotz der weit fortgeschrittenen, technologischen Entwicklungen noch sehr kritisch gesehen. Der Autor zeigt neben der Tatsache, dass in vielen Ländern der rechtliche Rahmen noch nicht gegeben ist, verschiedene Gründe auf, die aktuell gegen eine Einführung sprechen. Neben den hohen Anschaffungskosten bestehen Einschränkungen bei der Paketauslie-



ferung in der Transportmenge (nur einzelne Pakete), Transportgewicht und Akkulaufzeit. Dazu kommt eine stark eingeschränkte Reichweite der Drohnen sowie eine Streuung bei der Landegenauigkeit. Der Einsatz von Drohnen resultiert in einer Umstrukturierungsnotwendigkeit bezüglich der Lager und Umschlagplätze sowie der Schaffung einer Ladeinfrastruktur. Weiter nennt McKinnon (2016) bestehende Sicherheitsrisiken als Barrieren. Diese können aufgrund von schwankenden Wetterbedingungen, Vandalismus sowie dem Abfangen oder „Hacken“ von Drohnen entstehen und im Abstürzen auf Personen oder Kollidieren mit anderen Flugobjekten resultieren. Auch Eißfeldt und And (2020) haben eine Studie zur Akzeptanz des Drohneneinsatzes für Paketauslieferungen durchgeführt, bei der 832 zufällig ausgewählte Teilnehmer\*innen in Deutschland am Telefon befragt wurden. Die Ergebnisse zeigen eine kritische Einstellung der Teilnehmer gegenüber dem Einsatz von Drohnen. 59 % der Befragten lehnen Drohnenlieferungen ab. Eine Nutzung von Drohnen für eigene Zwecke können sich 71 % der Befragten nicht vorstellen. Als Gründe für die überwiegend ablehnende Einstellung wurden Verkehrssicherheit, Lärm, Privatsphäre und Tierschutz genannt.

### 5.3 Reinigen

Für die Tätigkeit des Reinigens findet sich in der aktuellen Literatur nur eine geringe Anzahl an Forschungsaktivitäten, die sich gezielt mit entsprechenden Tätigkeiten auseinandersetzen. Aus diesem Grund lassen sich auf Basis der aktuellen Studienlage nur grobe Tendenzen darstellen.

#### **Autonome Reinigungstechnologien**

Der Großteil der identifizierten Forschungsvorhaben im nicht-medizinischen Bereich beschäftigt sich mit dem Einsatz von Robotik. Hierbei zeigen sich zwei Schwerpunkte. Auf der einen Seite werden Entwicklungen im Bereich der autonomen Reinigung von Glasfassaden an Hochhäusern und Bürokomplexen untersucht (Lee et al., 2018). Dabei handelt es sich weitestgehend um prototypische Untersuchungen aus dem asiatischen Raum, bei denen aufgrund der Vielzahl an sehr hohen Gebäudekomplexen die manuelle Arbeit für Beschäftigte eine große Gefahr birgt (Lee et al., 2020; Seo et al., 2018). Auf der anderen Seite wird der Einsatz von Robotern für die großflächige Bodenreinigung untersucht (Irawan et al., 2021). Dabei kombinieren Bormann et al. (2015) die autonome Bodenreinigung mit dem automatischen Entleeren von Mülleimern, da diese bei

den Tätigkeiten nach Aussage der Autoren etwa 70 % der täglichen Arbeit ausmachen. Insbesondere beim Einsatz von Robotern bei der Bodenreinigung gilt es im Rahmen einer menschengerechten Arbeitsgestaltung zu hinterfragen, inwiefern bei diesen Entwicklungen die Unterstützung der Beschäftigten aufgrund aktueller Arbeitsbedingungen oder eine mögliche Substitution im Vordergrund steht.

### **Potenziale bei der Nutzung von IKT**

Ein etwas anderer Ansatz bezüglich der Digitalisierung im Bereich von reinigenden Tätigkeiten ist bei Cooke & Greenwood (2008) zu finden: Die Autorinnen untersuchen den Zugang verschiedener Beschäftigtengruppen an Lehrinstituten in Großbritannien zu internetbasierten Technologien auf Basis von qualitativen Interviews. Dabei wurde festgestellt, dass Reinigungskräfte in der Regel keinen Zugang zu Technologien haben, die an das Internet bzw. an das Unternehmensnetzwerk angeschlossen sind. Ebenso wenig haben Reinigungskräfte in den betrachteten Fällen gegenüber vielen anderen Beschäftigten keinen Zugang zu Weiterbildungsmaßnahmen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Als Gründe werden u. a. die fehlende Notwendigkeit aufgrund von Tätigkeitsinhalten genannt oder die Tatsache, dass Reinigungskräfte häufig von Vertragsfirmen gestellt werden, in deren Verantwortung auch die technische Ausstattung aus Sicht der Institute liegt. Der fehlende Zugriff auf IKT führt dabei teilweise zu Lücken im Informationsfluss zwischen Institut und Fremdfirma bei kurzfristig auftretenden Ereignissen. Die Befragung einer Führungskraft aus dem Reinigungssektor ergab, dass der Zugang zu einem Computer im Netzwerk oder zu E-Mails eine deutlich schnellere Bearbeitung und Meldung von Instandsetzungs- und Instandhaltungsmaßnahmen mit sich bringen würde.

#### *5.4 Diskussion aktueller Forschung*

Insgesamt zeigt sich bei objektbezogenen Tätigkeiten eine Diversifikation bei den in der Forschung betrachteten Themen hinsichtlich einer Digitalisierung in der Arbeitswelt. Dabei ist das Spektrum der Forschungsvorhaben bei herstellenden Tätigkeiten am weitesten, während beim Reinigen nur eine minimale Anzahl an Analysen zu finden ist, welche sich mit der Digitalisierung solcher Tätigkeiten auseinandersetzen. Es ist allerdings festzuhalten, dass generell die Anzahl an durchgeführten Studien, welche sich mit einem menschenzentrierten Einsatz verschiedener digitaler Zu-

kunftstechnologien in der Arbeitswelt sowie der Ableitung möglicher Gestaltungsempfehlungen auseinandersetzt, sehr gering ist. Dies kann unter anderem daran liegen, dass sich diese Technologien, z. B. im Gegensatz zu Computern, nicht in einem breiten Produktiveinsatz befinden. Demnach handelt es sich bei der Untersuchung von Auswirkungen verschiedener Technologien zumeist um prototypische Entwicklungen und einzelne Use Cases.

### Hohe Bedeutung physischer Assistenzen

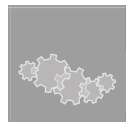
Gemeinsam haben alle drei Tätigkeitsbereiche die Auseinandersetzung mit den physischen Unterstützungsmöglichkeiten und dem damit verbundenen Einsatz von Robotern oder Exoskeletten. Dies wird den zu Beginn zuvor erläuterten Arbeitsbedingungen von objektbezogenen Tätigkeiten geschuldet sein, bei denen insbesondere physische Anforderungen stark ausgeprägt sind. Ein menschenzentrierter Einsatz physisch unterstützender Assistenzsysteme kann die Chance bieten, Risiken für das Muskel-Skelett-System der Beschäftigten zu reduzieren. Allerdings gilt es, die Systeme an die Fähigkeiten und Fertigkeiten den Menschen anzupassen.



Für herstellende Tätigkeiten werden neben der Robotik schwerpunktmäßig digitale kognitive Assistenzsysteme diskutiert. Zunehmend komplexe, variierende Montagetätigkeiten und -produkte zeigen den Bedarf einer kognitiven Unterstützung der Beschäftigten. In diesem Bereich weisen mobile Endgeräte, über die zum Teil auch Augmented Reality umgesetzt werden kann, durch eine gezielte, individuell anpassbare Informationsbereitstellung ein großes Potenzial zur mentalen Entlastung sowohl während der Aufgabendurchführung als auch für Anlernprozesse auf. Auch hier gilt es, für die immer weniger starren Montagesysteme Assistenzsysteme für die Beschäftigten lernförderlich zu gestalten und an das jeweilige Erfahrungswissen anzupassen.



Beim Transportieren dominiert neben der physischen Belastung insbesondere der hohe Termin- und Leistungsdruck bei den Beschäftigten. Dieser wird neben der innerhalb einer Schicht hohen Stückzahl durch infrastrukturelle Schwächen bzw. ein hohes innerstädtisches Verkehrsaufkommen verstärkt. In der Literatur finden sich daher viele Forschungsaktivitäten im Bereich der sogenannten letzten Meile. Aus Sicht der Arbeitsgestaltung sind für transportierende Tätigkeiten der breit diskutierte Einsatz von Elektro-Lastenrädern sowie die Nutzung von kognitiven Assistenzsystemen inklusive der digitalen Kompetenzentwicklung



von Beschäftigten relevant. Eine Veränderung des Transportmittels kann neben einer möglichen Entzerrung von Verkehrsproblemen auch ein verändertes Bewegungsmuster bei den Beschäftigten im Sinne der Anforderungsvielfalt mit sich bringen. Digitale Assistenzsysteme können dahingehend durch intelligenten Informationsaustausch Prozesse verschlanken und notwendige Entscheidungen unterstützen. Hier bedarf es eines hohen Maßes an Systemtransparenz und der Berücksichtigung des Tätigkeitsspielraums bei dem Beschäftigten auf Basis des menschlichen Erfahrungswissens.

Der Einsatz digitaler Technologien bei reinigenden Tätigkeiten ist in der Literatur nur in seltenen Fällen zu finden. Dabei bietet die Tätigkeit grundsätzlich verschiedene Unterstützungsmöglichkeiten auf Basis der vorhandenen Arbeitsbedingungen. Insbesondere vor dem Hintergrund einer hohen physischen Belastung ergibt sich aus dem Einsatz von Reinigungsrobotern ein großes Entlastungspotenzial. Darüber hinaus kann die Nutzung mobiler IKT zu einer Verbesserung des kurzfristigen Informationsflusses, auch zwischen einem beauftragenden Unternehmen und der Dienstleistungsfirma, führen und die Arbeit effizienter gestalten. Im Bereich reinigender Tätigkeiten wird daher ein großer Forschungsbedarf bezüglich menschenzentrierter Innovationen gesehen.

## 5.6 Ein Blick in die Zukunft

*Mit den Entwicklungen der vergangenen Jahre im Bereich digitaler Technologien ergeben sich zunehmend neue Möglichkeiten zur Unterstützung von Beschäftigten. Auf Basis der Ausführungen zu heutigen Arbeitsbedingungen bei objektbezogenen Tätigkeiten sowie den aktuellen Forschungsthemen und diskutierten Zukunftstechnologien wird der wissenschaftliche Überblick durch die nachfolgenden Szenarien ergänzt. Unter Berücksichtigung der im Vorfeld dargestellten Kriterien menschengerechter Gestaltung einer digitalen Arbeitswelt wird eine Vision entwickelt, wie Menschen mit objektbezogenen Tätigkeiten in absehbarer Zukunft arbeiten könnten. Der folgende Abschnitt wagt daher unter Einbeziehung des abzusehenden technologischen Fortschritts einen Blick in den Arbeitsalltag der Zukunft. Um die Potenziale der Digitalisierung für eine positive Entwicklung der Arbeitswelt abzubilden, wird eine womöglich erstrebenswerte Fiktion geschaffen. Zwar beinhaltet diese Vision auch prognostische Anteile, sie ist aber vor allem normativ zu verstehen. Das Zukunftsbild stellt eine bewusst überzeichnete, aus Sicht der Beschäftigten wünschenswerte, wenngleich zum aktuellen Zeitpunkt noch hypothetische Situationsbeschreibung dar. Viele Experten\*innen haben ihre Zukunftsszenarien für die industrielle Fertigung als Dystopie beschrieben. Eine*

*Verbesserung der schlechten Arbeitsbedingungen wie etwa das Heben schwerer Lasten oder eine detaillierte Vorgabe sämtlicher Arbeitsschritte sei wirtschaftlich gesehen nur mittels einer Substitution durch Maschinen umsetzbar. Düstere Zeiten, in denen die Roboter den Menschen in die Arbeitslosigkeit drängen. Mit den Jahren hat sich allerdings gezeigt, dass Mensch und Maschine durchaus sicher, gesund und wirtschaftlich zusammenarbeiten können. Neue Bereiche manueller Tätigkeiten ergeben sich bei gleichzeitiger Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Es folgt ein Blick in die Fertigung.*

### 5.6.1 Das Fertigungsorchester: Mensch und Maschine geben gemeinsam den Ton an

Es ist kurz vor 7:00 Uhr an einem Montagmorgen im Herbst. Auf dem Weg zur Arbeit konnte Martin einen schönen Sonnenaufgang beobachten. Auf den Straßen sammelt sich mittlerweile das rostbraune Laub von den Bäumen, das in schönen Farben von der Sonne angestrahlt wird. Martin hat seinen Roller auf dem Mitarbeiterparkplatz abgestellt und durchquert das Drehkreuz, um auf das Fabrikgelände zu gelangen. Er läuft hinüber zur Fertigungshalle, bei der gerade der Blendschutz an der Glasfront aufgrund der direkten Sonneneinstrahlung herunterfährt. Dem Architekten des neuen Fertigungskomplexes ist da ein richtiges Meisterwerk gelungen, denkt sich Martin, während er in Erinnerungen an die alten, düsteren Fabrikhallen schwelgt. Er betritt die Halle und wird durch den üblichen Scanvorgang automatisch im System eingeloggt.

Als er seine Sachen am Platz abstellt und sich anschließend auf den Weg zur Montagezelle begibt, kommt bereits C-3PO auf ihn zu. Den Spitznamen hat der Serviceroboter von seinem Azubi Niklas, der ein leidenschaftlicher Star Wars-Fan ist. Der neue Reparatur- und Wartungsroboter wurde entsprechend R2-D2 getauft.

„Guten Morgen, Martin. Ich hoffe Du hattest ein schönes Wochenende“, sagt C-3PO in seiner etwas maschinellen Stimme.

„Ja, das hatte ich. Danke“, erwidert Martin.

C-3PO fährt fort: „Das freut mich zu hören. Heute haben wir aufgrund der aktuellen Bestellungen 16 Fertigungsaufträge. Die meisten Roller wurden in unserer Kernfarbe Mintgrün bestellt und variieren nur geringfügig bei den Ausstattungsdetails. Ein paar spezielle Kundenwünsche sind dennoch dabei. Ich habe Dir die Aufträge mit der vorgeschlagenen Fertigungsreihenfolge auf deinem Tablet abgelegt.“

### **Früher war nicht alles besser**

Martin ist Fertigungsbereichsleiter bei einem Hersteller für Elektroroller. Er ist 54 Jahre alt und bereits seit seiner Ausbildung im Unternehmen. Im Verlauf der Jahre hatte er schon des Öfteren darüber nachgedacht, seinen Job zu kündigen und einfach etwas ganz Anderes anzufangen. In den Zeiten, als er noch selbst die alten Roller mit Verbrennungsmotor zusammenschraubte, war es irgendwann nur noch das feste Einkommen, das ihn davon abhielt. Jeden Tag die gleichen Arbeitsvorgänge, bis ins kleinste Detail vorgegeben, keinerlei Abwechslung. Dazu das ständige Heben schwerer Lasten, teilweise in ungünstigen Zwangshaltungen. Und alles war immer so dreckig. An einen Einfluss auf die Arbeits- und Pausengestaltung, an Anforderungsvielfalt oder Möglichkeiten zur Weiterbildung war nicht zu denken. Stattdessen die ständige Angst vor Jobverlust, als Digitalisierung und Automatisierung immer weiter voranschritten. Doch seine Ausbildungsleiterin überzeugte Martin zu bleiben. Silke hatte stets postuliert, dass die Maschinen und Roboter eine Unterstützung für den Menschen darstellen werden und ihn nicht ersetzen. Sie hatte immer eine positive Einstellung gegenüber neuen Entwicklungen und rückblickend hatte Silke auch recht.

Die industrielle Fertigung hat sich mit der Digitalisierung stark gewandelt. Durch eine zunehmende Vernetzung, bahnbrechende Entwicklungen im Bereich der Robotik und die Integration von künstlicher Intelligenz ist es möglich, die meisten repetitiven Tätigkeiten inzwischen selbstständig von Maschinen ausführen zu lassen. Gleichzeitig ist die Bedeutung individueller Kundenwünsche bei minimalen Losgrößen enorm gewachsen. Bei der Fertigung von Elektrorollern haben die Entwicklungen dahin geführt, dass Hersteller ihre Kompetenzen breiter aufstellen und die Expertise im Haus behalten konnten. Es gibt nur noch eine geringe Anzahl an Zulieferteilen, wie z. B. Reifen, Felgen, Akku und Elektronik, welche aus der nahen Umgebung bezogen werden. Die restlichen Komponenten werden in Fertigungsinseln selbst hergestellt. Sogar eine eigene Sattlerei ist vorhanden, da sich die Expertise im Handwerk hochwertiger Sitzbänke als absoluter Qualitätsvorteil erwiesen hat. Die Anordnung der Fertigungsinseln und Zulieferteilelager entspricht der Vorstellung einer aufgehenden Sonne. Die Endmontagezelle ist die halbkreisförmige Mitte am Horizont. Die weiteren Fertigungsinseln sowie die Zulieferteilelager sind entsprechend der Montagereihenfolge als Sonnenstrahlen angegliedert.

### **Die KI schlägt vor, der Mensch wählt aus**

Martin schaut sich die Fertigungsaufträge auf seinem Tablet an. Die Künstliche Intelligenz im Manufacturing Execution System (MES) hat ihm einen Vorschlag zur optimalen Fertigungsreihenfolge erstellt. Martin schaut sich diesen interessiert an. Zunächst werden alle grünen Roller gefertigt, damit die Umrüst- und Reinigungsintervalle der Lackierrobotik optimiert werden. Das ergibt Sinn, denkt sich Martin. Auch die anderen Aufträge sind gut aufeinander abgestimmt. Ein Kundenwunsch fällt ihm aber doch ins Auge. Anscheinend handelt es sich um einen Ferrari-Liebhaber. Das markante Rot und das in die Sitzbank eingestickte Wort „Scuderia“ sprechen definitiv dafür. Den fertigen wir zum Schluss an, denkt sich Martin. Den kleinen Flitzer will ich am Ende des Tages ganz persönlich testfahren. Er schiebt den Auftrag an das Ende der Liste und gibt diese zur automatischen Programmierung der Maschinen frei.

Als Nächstes schaut er sich die heutige Teamkonstellation an. Die vier Arbeitsbereiche mit manuellem Anteil sind jeweils einfach besetzt. Die Zuordnung erfolgt täglich wechselnd nach dem Prinzip der Job-Rotation. Niklas ist heute für die Kabelbäume zuständig, während sich Lea um Lenker und Beleuchtung kümmert. Elif verbaut später die Akkus und bringt die selbst hergestellten Sitzbänke an. Der Funktionsprüfung und Testfahrt darf sich heute Mario widmen.

### **Das intelligente Netz von Mensch und Maschine**

Martin startet seinen morgendlichen Rundgang durch die Stationen und schaut nach dem Rechten. Die Kolleginnen und Kollegen sind bereits da. Er wünscht allen einen guten Morgen und hält ein wenig Small Talk über das Wochenende. Als Fertigungsbereichsleiter sieht er zu, dass der Laden läuft. Durch den großen Anteil an Maschinen und Robotern, die teilweise eine künstliche Intelligenz integriert haben, sieht er sich als eine Art Cyborg-Führungskraft. Er kommuniziert und kooperiert mit Menschen wie mit Maschinen. Er koordiniert die Abläufe, greift bei Störungen ein und wird im Zweifel auch selbst aktiv, wenn es mal notwendig sein sollte. Nun ist es 7:30 Uhr, die Produktion fährt an.

Die einzelnen Arbeitsstationen sind intelligent miteinander vernetzt und aufeinander abgestimmt. Der Karosserierahmen wird zunächst manuell mit dem Kabelbaum bestückt, da die biegeschlaffen Teile nicht von der Robotik gehandhabt werden können. Anschließend kommt ein großer Anteil vollautomatischer Fertigung. Gabel, Stoßdämpfer und Radaufhängung werden montiert und später erfolgt die Verkleidung mit den Blechteilen. Danach geht es in die kundenindividuelle Lackierung. Auch

diese ist mittlerweile vollautomatisiert, arbeitet sehr präzise und durch den integrierten Hochleistungssofen kann das getrocknete Produkt im Anschluss direkt weiterverarbeitet werden. Im nächsten Schritt erfolgt der robotische Einsatz der Räder und des Lenkers. An der folgenden Arbeitsstation wird manuell die Beleuchtung eingebaut und genauso wie Lenker und Bremsen verkabelt. Zu guter Letzt erfolgt eine kollaborative Montage von Akku und Sitzbank, wobei der Roboter die beiden Teile platziert, die manuell passend verbaut werden. Zum Schluss noch eine manuelle Funktionsprüfung und Testfahrt. Zwischen den einzelnen Stationen sind hochauflösende Kamerasysteme implementiert. Mit diesen findet nach jedem Schritt eine vollautomatische Qualitätssicherung statt, die aufgrund der enormen Entwicklungen im Bereich der Objekterkennung möglich ist.

### **Die Roboter sind da**

Die 29-jährige Elif hat vor Kurzem ihre Ausbildung zur Industriemechanikerin abgeschlossen. Die junge Kulturliebhaberin ist heute mit der Fertigstellung der Elektroroller beauftragt. In direkter Zusammenarbeit mit dem Cobot – so werden die kollaborativen Montageroboter bezeichnet – bestückt sie die Roller mit Akku und Sitzbank. Da beide Einzelteile zu schwer für eine manuelle Handhabung sind, entnimmt der Cobot die Teile aus dem Stationslager und positioniert sie vor. Der Akku kommt in eine Mulde unterhalb der Sitzbank. Für einen exakten Einbau projiziert das integrierte Lasersystem ein digitales Abbild des Akkus an die entsprechende Position im Roller.

Elif führt den Roboterarm vorsichtig an die richtige Stelle. Kamerabasiert wird in Echtzeit die reale Position mit dem Modell abgeglichen. Als beides exakt übereinstimmt, erhält Elif das bekannte visuelle Signal. Perfekt, denkt sie. Jetzt noch schnell den Akku anschließen und dann schon weiter zur Sitzbank. Im Hintergrund kommt schon Emma mit den Teilen für den nächsten Roller angefahren. Emma ist der Spitzname des autonom fahrenden Teilezugs. Elif hat den Namen in Anlehnung an die Lok aus Jim Knopf eingeführt.

Die Sitzbank wird auf die gleiche Art und Weise verbaut wie der Akku. Allerdings ist dabei immer eine besondere Vorsicht geboten. Die handgemachten Sitzbänke mit hochwertigem Kunstlederbezug sind das Markenzeichen des Unternehmens. Sie sind bis zum Schluss mit einem Schutzbezug versehen, damit sie bei der Montage nicht beschädigt werden. Gemeinsam mit dem Cobot setzt Elif die Sitzbank auf und verschraubt diese anschließend per Hand.



Der Umgang mit den Robotern war für Elif noch nie ein Problem. Ältere Kollegen waren eine Zeit lang etwas skeptisch und ängstlich gegenüber den vor einigen Jahren eingeführten Systemen. Aber Elif kannte sie bereits von Beginn ihrer Ausbildung an. Dort war der Umgang mit Robotern ein genauso wesentlicher Bestandteil wie Programmierung und künstliche Intelligenz. Elif fand das schon immer super interessant. Sie liest ab und zu gerne in den Programmcodes, die sich hinter der Sensorik und Aktorik verstecken. Für sie ist das wie das Lesen eines spannenden Romans, der metaphorisch die inhärent sichere Gestaltung der Systeme beschreibt.

Zufrieden schaut sich Elif in der Halle um. In der Mitte vom Montagesystem sieht sie Martin, der gerade mit C-3PO spricht. Er schaut zwischendurch immer wieder abwechselnd zu den einzelnen Arbeitsstationen und auf sein Tablet, wo er verschiedene Eingaben tätigt. Martin wird vom Team auch neckisch Bernstein genannt, nach dem berühmten Dirigenten und Komponisten der West Side Story. Das kam dadurch zustande, dass jemand das Montagesystem mal als Orchester aus Menschen und Maschinen beschrieben hat, welches von Martin geleitet wird.

### **Sichere Kollaboration funktioniert**

Die Robotik ist flächendeckend in der Industrie zugegen. Das alte Bild von massiven Schwerlastrobotern hinter Schutzzäunen gibt es in dieser Form nicht mehr. Die Algorithmen im Bereich der Sensorik und Aktorik sind so weit fortgeschritten, dass die Systeme millimetergenau arbeiten und gleichzeitig inhärent sicher gestaltet sind. Die Künstliche Intelligenz sorgt im Bereich der Cybersicherheit dafür, dass Angriffe von außen nahezu ausgeschlossen sind.

Für die praktische Arbeit in der Fertigungshalle bedeutet dies ein hohes Maß an Kollaboration zwischen Mensch und Roboter. Dabei kommunizieren die Roboter je nach Typ und Situation über visuelles, auditives oder taktiles Feedback. Sehr geläufig sind eine visuelle Statusanzeige sowie die Projektion der Bewegungsbahnen rund um die Roboter. Die Menschen sehen somit immer, was der Roboter vorhat und in welchem Zustand er sich befindet. Bei möglichen Überschneidungen im Bewegungsraum, gibt der Roboter höflich Hinweise oder Vorschläge zur gemeinschaftlichen Auflösung der Situation. Ein besonderer Fall sind die neu eingeführten, humanoiden Serviceroboter. Diese kommunizieren auf natürlichem Wege über Sprache und Gestik und sind assistierend bei informatorischen Aufgaben in der Fertigung.

Die Intralogistik setzt mittlerweile ausschließlich fahrerlose Transportsysteme ein. Die autonom fahrenden Teilezüge suchen sich selbstständig

ihren Weg durch die Fertigung und beliefern nach dem Milchmann-Prinzip die einzelnen Arbeitsstationen zuverlässig, ohne die Menschen beim Betriebsablauf zu stören. Die Entnahme aus den Teilezügen erfolgt wie auch die Beladung durch die automatische Kommunikation mit den Greifrobotern am jeweiligen Lagerplatz. Für bestimmte Situationen, in denen die Sensoren des Teilezugs eine mögliche Überschneidung von Bewegungsbahnen vorhersehen, verfügt der Teilezug sowohl über eine Sprachausgabe als auch über eine Retro-Hupe.

### **Die Maschine ist nicht das Allheilmittel**

Die Abläufe orchestrierend, steht Martin in der Mitte der Fertigungshalle. In diesem Moment meldet sich seine Smartwatch. Eine Störung an einer Maschine bei der Stoßdämpfermontage. Martin schaut sich die Beschreibung an. Um fehlendes Material oder ein Problem beim Rüsten handelt es sich nicht, stellt er fest. Vielleicht hat der Algorithmus einen Fehler festgestellt. Am besten schicke ich erstmal R2-D2 los, denkt er und wählt den entsprechenden Vorgang aus. Er sieht, wie sich der Roboter in seiner Station aktiviert und auf den Weg macht. Die meisten Störungen lassen sich auf diesem Wege einfach lösen. Meistens sind es nur minimale Abweichungen im Ablauf, die der Algorithmus noch nicht kennt. R2-D2 liest dann an der Maschine den Fehlerspeicher aus, gleicht den aktuellen Zustand mit den Erfahrungswerten in der Künstlichen Intelligenz ab und startet das Reparaturprogramm. Die bisher unbekannte Abweichung fließt anschließend für zukünftige Aktionen in das Programm ein.

Es kommt allerdings schon einmal vor, dass die Künstliche Intelligenz die Fehler nicht eigenständig beheben kann. Häufig handelt es sich dabei um Situationen, in denen physisch an der Maschine etwas nicht einwandfrei funktioniert und das Erfahrungswissen des Menschen aus vergleichbaren Situationen überwiegt. In diesen Fällen wird Martin dann selbst aktiv und schaut sich den Fehler vor Ort an. Findet auch er keine passende Lösung, kann er sich über ein datenbrillen-basiertes System mit der Fernwartungsabteilung in Verbindung setzen. Auf Basis des mit der Kamera geteilten Sichtfeldes wird die Fehlerbehebung dann gemeinschaftlich durchgeführt.

*In Zeiten eines hohen Anteils manueller Fertigung zeigten sich anhand verschiedener Faktoren schlechte Arbeitsbedingungen. Häufiges Stehen, Zwangshaltungen und die Handhabung großer Lasten wirkten sich negativ auf den physischen Zustand der Beschäftigten aus. Dies wurde verstärkt durch extreme Umgebungsbedingungen in den Fertigungshallen. Ständiger Lärm, keine ausreichende Beleuchtung oder der Umgang mit Öl, Schmutz und Dreck waren*

*keine Seltenheit. Täglich sahen sich die Beschäftigung mit einer vorgegebenen Stückzahl oder Leistung konfrontiert und bekamen ihre Arbeitsdurchführung kleinschrittig vorgegeben.*

*Anstatt die Arbeitsbedingungen zu verbessern, versuchten die Unternehmen einfach, die Tätigkeiten im Sinne einer höheren Produktivität und Wirtschaftlichkeit von Maschinen durchführen zu lassen. Es zeigte sich allerdings, dass der Mensch nicht ersetzbar ist. Zwar sind Maschinen im Bereich standardisierter Arbeitsprozesse, die eine große Wiederholhäufigkeit oder große Lastenhandhabung erfordern, besser und auch genauer als der Mensch. Doch gerade die sensorischen und kreativen Fähigkeiten des Menschen sind auch durch den Einzug der Künstlichen Intelligenz nicht ersetzbar.*

*Bei einem flächendeckenden Einzug der hochentwickelten Robotik haben sich ausreichend Lücken aufgetan, in denen sich manuelle Arbeitstätigkeiten im Zusammenspiel mit den Maschinen finden. Dabei war es entscheidend, durch betriebliche Weiterbildungsmöglichkeiten und eine Neuorientierung von Ausbildungsinhalten die Sinnhaftigkeit und Anforderungsvielfalt von Arbeitsaufgaben herauszuarbeiten. Bei einem hohen Maß an Technikzuverlässigkeit ist es unabdingbar, dass die Entscheidungshoheit beim Menschen liegt. Die neu erhaltene Systemtransparenz lässt den Menschen zunehmend koordinierende und steuernde Tätigkeiten durchführen und bietet einen Ansporn für neue Auszubildende.*

### 5.6.2 Ausgeliefert! Paketboten sind pünktlich, zufrieden und gesund

Lange Zeit hatte die Arbeit als Paketbote keinen guten Ruf aus Sicht der Arbeitswissenschaft. Schlechte Bezahlung, hoher Termin- und Leistungsdruck, hohe körperliche Belastung und häufige Beschimpfungen durch die Empfänger – mit diesen Arbeitsbedingungen konnte der Job als Zustellerin bzw. Zusteller umrissen werden. Diese Zeiten sind vorbei. Durch eine weitreichende Modernisierung der Arbeitsmittel und Infrastruktur im Zustelldienst stehen endlich die Beschäftigten im Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung. Ein Bild der technologischen Innovationen im Zustelldienst und ihrer positiven Folgen für Paketbotinnen und -boten.

Etwas genervt steigt Christina mit Hubi die Treppe aus dem dritten Stock wieder herab. Hubi ist der Spitzname ihrer elektronischen Treppenkarre, mit der sie soeben das 12 kg schwere Paket ohne sonderliche

Anstrengung zur Wohnungstür von Frau Schneider gebracht hat. Die grimmige alte Dame hatte sich mal wieder darüber aufgeregt, dass sie Christina erst später erwartet hatte. Sie sei durch die Klingel aus dem Mittagsschlaf gerissen worden.

Was kann ich dafür, wenn Sie das Futter für ihre gefräßigen Katzen nicht im Laden kauft, denkt sich Christina. Zum Glück kommen solche Situationen nicht mehr allzu häufig vor. Durch die häuslichen Paketboxen und den Wohnungstür-Zuschlag habe ich ja weniger persönlichen Kontakt zu den Kunden innerhalb einer Schicht. Und in den meisten Fällen davon sind die Kunden nett – im Gegensatz zu der Schneider. Zeit für eine kurze Pause zum Abregen.

Christina ist 36 Jahre alt. Sie ist Fachkraft für Kurier-, Express- und Postdienstleistungen und arbeitet als Paketzustellerin in Münster. Im Wochenschichtplan wurde ihr für heute der Transporter zugewiesen. Gemeinsam mit Yusuf, Wiebke und Stefan bildet sie ein Zustellerteam bei ihrem Arbeitgeber. Den Wochenplan für das Team erstellt ein Algorithmus. Im zweiwöchigen Rhythmus geben die Beschäftigten hierfür ihre Arbeitstage frei, wobei auch Wünsche bezüglich der freien Tage eingetragen werden können.

### **Mehr Abwechslung für die körperliche Fitness**

Beim Zustelldienst stehen drei unterschiedliche Arten von Transportmitteln zur Verfügung. Die beiden Fahrzeugtypen E-Kleintransporter und E-Transporter werden für die Zustellung von kleinen und mittelgroßen Paketen beziehungsweise für große, schwerere Sendungen eingesetzt. Hinzu kommt als drittes Transportmittel das E-Lastenrad. Hierbei handelt es sich um ein elektrisch angetriebenes Fahrrad mit einem Hinterrad und zwei Vorderrädern, zwischen denen eine große Transportbox eingebaut ist. Bereits seit einigen Jahren setzen Zustelldienste Lastenräder für Kleinst- und Kleinsendungen ein. Die verschiedenen Transportmittel werden den Teammitgliedern im regelmäßigen Wechsel zugeordnet. Für eine optimale Zuordnung zieht der Algorithmus auch das individuelle Belastungsprofil der Beschäftigten heran, um eine günstige Kombination aus der Handhabung unterschiedlich großer und schwerer Pakete sowie körperlicher Bewegung zu ermöglichen. Auf einen Arbeitsmonat hochgerechnet werden hierdurch bei der Handhabung der Paketsendungen sämtliche Muskelgruppen gleichmäßig beansprucht. Diese Maßnahme erfolgte im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements. Die durchaus sensiblen Daten sind nur den Betriebsärzten zugänglich und das auch nur nach persönlicher Zustimmung der Beschäftigten. Die Folge der Einführung des intelligenten Personaleinsatzplans und der kleine-

ren Teamstrukturen: eine minimale Anzahl an Krankheitstagen sowie eine geringe Mitarbeiterfluktuation bei den Paketdiensten.

Der 28-jährige Yusuf hat gerade seine Tour mit dem Elektro-Kleintransporter gestartet. Er hat sich im Intelligent-Routing-System (IRS) für die etwas langsamere Route entschieden. Hier sind zwar etwas mehr Autos unterwegs, denkt er sich, aber ich muss zumindest nicht an der Schule vorbei. Diese wird ebenso wie aktuelle Baustellen als potenzielle Gefahrenstellen im IRS angezeigt. Auch über Unfälle oder kurzfristige Straßensperrungen informiert das System in Echtzeit und schlägt gleichzeitig Alternativen vor. Die Entscheidungshoheit darüber, welchen Weg er fahren möchte, hat Yusuf aber selbst. Heute ist er überraschend schnell im ersten Auslieferungsabschnitt.

Er stellt das Auto auf dem Zusteller-Parkplatz ab. Die vorsortierten Boxen mit den Paketsendungen packt er in seinen kleinen Transportwagen und zieht den Wagen die Straße entlang zum ersten Haus. In diesem Abschnitt sind zum Glück keine Wohnungstür-Anlieferungen, stellt er fest. Am Haus angekommen, schaut er mit seiner Datenbrille zum QR-Code an der Paketbox. Seine Zusteller-Identifikationsnummer wird eingelesen und das Ein-/Ausgabefach öffnet sich. Er beobachtet, wie die Laser um das eingelegte Paket rotieren. Auch wenn das System bereits vor einiger Zeit eingeführt wurde, fasziniert Yusuf die kleine Lichtshow jedes Mal aufs Neue.

Als auf der Datenbrille die Meldung erscheint, dass das eingelegte Paket auch wirklich zu dieser Paketbox gehört und im Empfängerfach ausreichend Platz ist, quittiert er den Vorgang per Sprachsteuerung. Das Fach schließt sich und die typischen Einlagerungsgeräusche der Paketbox ertönen. Yusuf widmet sich wieder seinem Transportwagen. In diesem Moment fährt Wiebke mit dem Lastenrad vorbei und grüßt ihn. Die Glückliche, denkt er sich. Bei dem Wetter werde ich neidisch. Aber morgen bin ich mit dem Fahrrad dran und da soll es ja genauso schön werden.

### **Eine gute Vorbereitung spart die halbe Arbeit**

Das Beladen der jeweiligen Transportmittel für die Paketzustellung erfolgt mittlerweile überwiegend vollautomatisch. Ein Algorithmus verteilt die Pakete anhand von Größe und Gewicht auf die jeweiligen Transportmittel. Für die Auslieferung schwerer Pakete sind in den Fahrzeugen sowohl eine elektrische Treppenkarre als auch ein Exoskelett vorhanden. Beim Exoskelett handelt es sich um ein am Körper getragenes Assistenzsystem, das physische Arbeitsschritte unterstützt. Die beiden Handhabungshilfen sind entsprechend festgelegter Gewichtsgrenzen zu

verwenden. Hierdurch konnte in den vergangenen Jahren die Anzahl berichteter Muskel-Skelett-Beschwerden und die körperliche Erschöpfung der Beschäftigten minimiert werden.

Die Pakete werden entsprechend der vorgeplanten Route in lastoptimierten Transporteinheiten zusammengefasst und in der richtigen Entnahmereihenfolge verladen. Diese richtet sich nach den jeweiligen Auslieferungsabschnitten. Die Abschnitte sind zwar nach einer vorgegebenen Reihenfolge anzufahren, allerdings können im IRS unterschiedliche Routen, sowohl zu Beginn der Tour als auch zwischen den einzelnen Stopps, ausgewählt werden. An jedem Auslieferungsabschnitt gibt es inzwischen neu gestaltete Zusteller-Parkplätze, damit die Beschäftigten ungehindert ihre jeweiligen Transportmittel abstellen können. Somit wird der laufende Verkehr nicht behindert und die Zustellerinnen und Zusteller selbst als auch andere Personen werden nicht gefährdet.

Die Schicht von Wiebke neigt sich dem Ende zu. Nach dem anstrengenden Tag gestern hat ihr die Bewegung auf dem Rad bei diesem schönen Wetter richtig gutgetan. Dazu hatte sie extra eine schöne Route gewählt, die auch am Aasee entlangführte. So konnte Wiebke ihre Mittagspause auf einer Parkbank mit Blick auf den See genießen. Ihre letzte Auslieferung war bei Familie Schmidt. Zwar hatte diese keine Wohnungstür-Anlieferung gebucht, doch Wiebke hat es sich nicht nehmen lassen, trotzdem zu klingeln. Die Schmidts sind gute Bekannte und für den kleinen Felix hat Wiebke immer ein paar Bonbons dabei. Tatsächlich ist auch jemand vor Ort gewesen. Felix hat sogar mit der Mama zusammen die Tür geöffnet und sich wie immer über die Bonbons von „Tante Wiebke“ gefreut.

Gut gelaunt radelt Wiebke in Richtung Feierabend. Am Verteilzentrum angekommen, stellt sie das Lastenrad in der Garage ab und schwelgt in Erinnerungen. Die anstrengenden Arbeitstage ohne jegliche Pause gehörten zum Glück der Vergangenheit an. An Sport nach der Arbeit war zu dieser Zeit kaum zu denken. Umso mehr freut sie sich auf ihr Training gleich nach der Schicht.

### **Die moderne Form des Briefkastens**

Zur Optimierung der Versanddienstleistungen sind die modernen Paketboxen vor den Häusern inzwischen flächendeckend vorhanden. Sie funktionieren auf eine ähnliche Art und Weise wie die schon länger bekannten Paketstationen. Allerdings wurden sie für eine ergonomische Handhabung optimiert. Die Be- und Entladung erfolgt über ein separates Fach, dessen Höhe auf Basis aktueller anthropometrischer Daten platziert ist. Hierzu wurden die Körpermaße im niedrigen Perzentil-Bereich her-

angezogen. Auf Basis der Identifikationsnummer der zustellenden Person ermittelt die Paketbox die entsprechende Körpergröße und fährt die Verladeplattform i

### 5.6.3 Wischmopp trifft Datenbrille

Sprechende Putzwagen, die auf Kommando hören. Datenbrillen, die Unsichtbares sichtbar machen. Mittendrin ein Plastikstab mit Wischtuch: Das Reinigungsgewerbe hat sich weiterentwickelt und kombiniert die seit Jahrhunderten bewährten analogen Werkzeuge mit neuen digitalen Technologien. Das hat nicht nur dazu geführt, dass die hohen körperlichen Anforderungen beim Reinigen reduziert werden konnten – auch für Berufseinsteigerinnen und -einsteiger ist diese Arbeit attraktiver geworden.

#### **Magdalena, 33: Meer aus Keimen**

Die Tür öffnet sich geräuschlos und Magdalena betritt den Raum. Pfützen von Blut auf dem Boden. Kleine Sitzhocker überall im Raum verteilt, ebenso wie verschiedene technische Geräte. Mit einer routinierten Geste aktiviert Magdalena die Keimfilteranzeige der Datenbrille. Auf einmal färbt sich der Raum in ein rotorangenes Meer aus Keimen. An den Stühlen, an den Geräten. Und vor allem an der Liege in der Mitte des Raumes.

Magdalena befindet in einem Operationsaal nach einer OP, sie ist für die Reinigung des Raumes zuständig. Dank Datenbrille sieht Magdalena auch unsichtbare Verunreinigungen durch Keime. Mit diesen Informationen kann sie sich jetzt zielgerichtet ans Werk machen.

Magdalena ist 33 Jahre und mit Leib und Seele Reinigungskraft in einem Krankenhaus in Bochum. Sie war schon immer eine gründliche Person und es hat ihr Freude bereitet, ein dreckiges Waschbecken wieder zum Glänzen zu bringen. Deshalb war der Schritt hin zur Reinigungskraft für sie nur logisch. Seit einigen Jahren wird Magdalena bei ihrer Arbeit durch digitale Technologien unterstützt. Denn wie in fast allen Krankenhäusern in Deutschland kommen auch in Bochum Datenbrillen zum Einsatz. Dadurch hat sich die Hygienesituation drastisch verbessert.

„Puh, geschafft!“ seufzt Magdalena, als sie mit ihrem Desinfektionstuch ein letztes Mal über den OP-Tisch wischt. Das Reinigen des OP-Saals ist

immer besonders anspruchsvoll. Doch mithilfe der Datenbrille kann sie nicht nur zielgerichteter und schneller reinigen, sie kann zum Schluss auch kontrollieren, ob alle Keime beseitigt wurden. Das Meer aus Keimen, das sie hier empfangen hat, wurde erfolgreich ausgetrocknet! Und auch die Tische, Leuchten, Monitore und der Fußboden sind wieder rein.

Nach dem Reinigen ist vor dem Reinigen. Die Datenbrille zeigt Magdalena an, dass sie heute noch 30 weitere Räume zu reinigen hat. Und so eilt sie zum nächsten, leeren Patientenzimmer. „Rolli, Handschuhe!“ spricht sie laut vor sich hin. Daraufhin rotiert Rolli, der intelligente Putzwagen, der Magdalena autonom hinterherfährt, das Fach mit den Einweghandschuhen nach oben. Sie muss jetzt nur noch zugreifen – ohne sich lästig nach den Handschuhen bücken zu müssen. Rolli entfernt sich wieder ein wenig von Magdalena, damit diese ungestört loslegen kann. Sie streift die Handschuhe über und geht ins Badezimmer. Auf einmal leuchtet ihre Datenbrille rot auf. „Achtung Magdalena. Zur Reduzierung der Keimbelastung musst du zuerst das Zimmer reinigen, bevor du dich dem Bad widmest.“ Zu Befehl, denkt sie. Manchmal ist sie unkonzentriert und verwechselt die Reihenfolge der Reinigung. Wie schön, dass die Technik mitdenkt und unterstützt.

Die neu eingesetzten Datenbrillen helfen mit ihren kontextsensitiven Hinweisen, die Reihenfolge bei der Reinigung von Zimmern oder den richtigen Wechsel der Reinigungshandschuhe einzuhalten. Durch diese Hinweise sowie dem Aufzeigen von Keimen in den jeweiligen Räumen durch die Keimfilter-Ansicht konnten Infizierungen mit Krankenhauskeimen radikal reduziert werden. Zugleich helfen weitere technische Neuerungen wie der smarte Putzwagen, Belastungen zu minimieren.

Zusätzlich zu der verbesserten Hygienesituation hat die Einführung digitaler Technologien dazu geführt, dass die Reinigungen der einzelnen Zimmer schneller durchgeführt werden können. Schön ist, dass diese Zeitersparnisse durch den technologischen Fortschritt auch den Reinigungskräften zugutekommen. Magdalena fühlt sich selten gehetzt und macht regelmäßige Pausen, in welchen sie sich mit ihren Kolleginnen und Kollegen austauscht.

„Und fertig!“, ruft Magdalena und wischt mit dem Arm ein wenig Schweiß von ihrer Stirn. Gerade hat sie mit dem letzten Schwung ihres Wischmopps das Bad für Zimmer 143 abgeschlossen. Damit hat sie alle Zimmer für heute fertig gereinigt. Mit der Datenbrille scannt sie den QR-Code am Eingangszimmer, um die Reinigung des Zimmers für das System zu protokollieren. Sie stützt kurz ihr Kinn auf dem Stiel des Wischmopps ab, während ihre Brille den Tag für sie zusammenfasst.



Die Datenbrille ist zu einem der zentralen Arbeitsmittel für die Reinigungskräfte im Krankenhaus geworden. Neben Hinweisen zur Keimbelastung oder Warnungen werden auch organisatorische Prozesse wie die Leistungsdokumentation und -kontrolle übernommen.

### **Hannes, 57: Im Team mit Kollege Roboter**

Bücken. Mopp per Hand in das Frischwasser tauchen. Mopp auf den Boden legen, Halter öffnen, Mopp einführen. Aufstehen und in gekrümmter Haltung den Boden reinigen. Wieder bücken und Mopp aus der Halterung nehmen. Zurück zum Putzwagen. Und wieder Bücken und den Mopp in Frischwasser tauchen. Hannes schüttelt sich voller Grauen, als er sich an die früheren Arbeitsschritte beim Reinigen zurückerinnert. Zum Glück ist das alles Vergangenheit, denkt er sich auf seinem Weg zu SmaCl.

Hannes ist 57 Jahre und arbeitet nun schon seit gut 37 Jahren in der Gebäudereinigung. Er ist also ein alter Hase im Reinigungsgeschäft. So hat er noch die Zeiten miterlebt, als man selbst große Bodenflächen mit Wischmopp aus eigener Kraft reinigte.

„Ah, da bist du ja, mein Kleiner“, nuschelt Hannes mehr vor sich hin, als direkt jemanden anzusprechen. Eine Reaktion hat er sowieso nicht erwartet. Obwohl er einen SmartCleaner – oder SmaCl – der dritten Generation nutzt, sind diese Geräte nicht in jeder Hinsicht das, was sie versprechen. Aber Hauptsache, SmaCl nimmt ihm etwas Arbeit ab. Und das tut er, obwohl er mit einer Größe vergleichbar mit einem Bierkasten – für einen industriellen Wischroboter äußerst handlich – leicht zu unterschätzen ist. Hannes navigiert den Roboter mithilfe einer App zu seinem Einsatzort und justiert ihn kurz. Dann entlässt er ihn aus der manuellen Kontrolle. SmaCl gibt einen kurzen Piep von sich als Signal, dass er sich nun im autonomen Modus befindet und rattert anschließend vor sich hin. Hannes guckt ihm kurz zu, wie er seine Bahnen zieht und hinter sich eine leicht feuchte Spur hinterlässt. Wieder denkt er daran zurück, wie häufig er damals für eine solche Bahn sich hätte bücken müssen, seinen Wischmopp in Frischwasser eintauchen und gekrümmt den Mopp vor sich herziehen hätte müssen. Allein der Gedanke daran lässt die Rückenschmerzen wieder für einen Moment hochkommen.

Besonders in der Reinigung von Bürokomplexen werden zunehmend Teams aus menschlichen Arbeitskräften und Wischrobotern eingesetzt. Während die Roboter vor allem große Flächen reinigen, sind die menschlichen Reinigungskräfte für kleinere oder für Roboter schwer zugängliche oder schwer zu reinigende Bereiche wie Schreibtischoberflächen zuständig. Dies hat dazu geführt, dass sich körperliche Belastungen

wie häufiges Bücken und Knien stark reduziert haben. Darüber hinaus können nun immer mehr Beschäftigte in diesen Segmenten ihren Beruf auch in einem fortgeschrittenen Alter ausüben.

„Im Büro ist es solange schön, wie die Mittagspause dauert.“ Hannes rollt die Augen nach oben. Während SmaCl seine Runden dreht, nimmt er sich gerade die Büros vor. Und in nicht wenigen davon hängen Sprüche wie dieser. Auf einmal leuchtet seine Datenbrille auf. Sein Kollege Michael möchte einen Videoanruf starten. Hannes akzeptiert mit einem zweifachen Kopfnicken. „Hey Hannes, wie geht’s? Machen wir später zusammen Mittagspause?“ „Klar Michi, wie immer. Ach, wenn ich dich schon einmal an der Strippe habe: mein SmaCl sendet mir heute mehr Nachrichten als sonst auf meine App. Alles harmloses Zeug, aber schon auffällig. Weißt du vielleicht, was da los ist?“ „Ach ja, das hab’ ich heute auch. Gestern Abend gab’s ein neues Update. Denke, da müssen Sie noch mal nachjustieren.“ „Ah, klingt nachvollziehbar. Danke und bis später Michi!“

Obwohl vermehrt Teams aus menschlichen Arbeitskräften und Wischrobotern eingesetzt werden, kommt die soziale Interaktion zwischen den Reinigenden nicht zu kurz. Dafür sorgen eingesetzte Datenbrillen, die eine kurzfristige Kommunikation unter allen Kolleginnen und Kollegen ermöglicht, auch wenn man gerade nicht auf demselben Flur arbeitet. So lassen sich auch relevante Informationen schnell untereinander abrufen.

### **Stephie, 35: Alte Arbeit, neue Aufgaben**

Stephie legt ihren Kopf in den Nacken und blickt nach oben. Vor ihr ragt ein 30 Meter hohes Bürogebäude aus gefühlt purem Glas in die Luft. Auf 10 Etagen befinden sich Büros, Toiletten und Kantinen. Und während links und rechts von ihr Menschen in das Gebäude strömen und die letzten Türen und Stufen zu ihrer Arbeit meistern müssen, hat Stephie damit schon längst angefangen.

Mit ihren 35 Jahren lebt und wohnt Stephie seit 10 Jahren in Frankfurt am Main. Auch wenn die Metropole dicht besiedelt und weniger grün ist als die Vororte, lebt sie gerne dort. Vor allem die Skyline der Stadt hat es ihr angetan. Das hat auch dazu beigetragen, dass sie sich dafür entschieden hat, Fenster- und Fassadenreinigerin zu werden. So kann sie die Skyline nicht nur von unten betrachten, sondern auch die Aussicht von oben genießen. Und tatsächlich hält sie während der Arbeit manchmal kurz inne und schaut über die Stadt, um sich dann wieder den Fenstern zu widmen.

Stephies Kopf senkt sich wieder. Sie hat genug gesehen; für die Fassade des Gebäudes benötigt sie jeweils vier Roboter für die breiten und zwei

für die schmalen Seiten. Nun macht sie sich daran, die Roboter mit dem richtigen Mix aus Reinigungsmitteln zu befüllen. Mit einem Klaps schließt sie die Tanks zur Befüllung und startet die Roboter. „Hopp Hopp. Auf mit euch!“, ruft sie ihnen motivierend zu und tritt ein paar Schritte zurück. Die Roboter saugen sich an die Fenster und ziehen sich dann an der Außenfassade nach oben. Dort angekommen, legen sie direkt mit der Reinigung los. Nachdem alle Roboter im Einsatz sind, macht Stephanie sich zu ihrem nächsten Einsatz auf.

Wie in der Gebäudereinigung und im Krankenhaus arbeiten auch die Reinigungskräfte für Außenfassaden Hand in Hand mit Robotern. Vor allem an Gebäuden mit Glasfassaden übernehmen diese einen großen Teil der Reinigung. Andere Fassaden, die aufgrund ihrer Beschaffenheit weniger für den flächendeckenden Einsatz von Robotern infrage kommen, werden auf die herkömmliche Weise von Hand gereinigt.

Ortstermin in einem Vorort von Frankfurt. Dort soll sie für einen Privatkunden die Fassade begutachten und eine geeignete Reinigung durchführen. „Dann führ ich Sie mal rum“, sagt Achim, der Hausbesitzer, und signalisiert Stephanie, dass sie ihm folgen soll. Sie gehen um das Haus herum, hin und wieder macht sich Stephanie auf ihrem Tablet Notizen und fotografiert die einzelnen Hauswände. Mit der neuen Software könnte sie jetzt noch die Beschaffenheit der Außenfassade und den Befall von z. B. Moos oder Algen analysieren und sich Hinweise für die beste Reinigung anzeigen lassen. Aber darauf kann Stephanie heute verzichten. Ihre Erfahrung sagt ihr, dass der Befall nicht gravierend ist und eine Hochdruckreinigung ausreichend wäre. Im nächsten Moment erscheint ein Warnhinweis auf ihrem Tablet.

Neben Robotern wurden auch weitere Technologien entwickelt, die Fassadenreinigern bei ihrer Arbeit unterstützen. So kann das Tablet mithilfe geeigneter Software verschiedenste Arten von Fassadenbeschaffenheit analysieren und Hinweise auf bestimmte Reinigungsarten geben. Zudem assistiert die Software bei der Dokumentation von Beratungsgesprächen.

Ach nein, nicht schon wieder, denkt sich Stephanie. Der Warnhinweis auf dem Tablet hat sie gerade darüber informiert, dass Saugroboter 2 ausgefallen ist und überprüft werden muss. Sie macht schnell einen Termin mit Achim zur Fassadenreinigung des Hauses aus und fährt zurück nach Frankfurt. Zum Glück hat ihr Arbeitgeber sich dafür entschieden, dass Stephanie die Grundausbildung zur Wartung von Saugrobotern absolvieren durfte. So kann sie sich jetzt selbst auf den Weg machen und muss nicht umständlich eine externe Firma beauftragen. Auch wenn das Warten der Roboter immer plötzlich auf die Tagesordnung kommt, ist es doch meistens eine willkommene Abwechslung.

Am Bürogebäude angekommen, zeigt ihr Tablet die genaue Position des Saugroboters an. Etage 8, na klasse. Sie nimmt den Aufzug in den achten Stock und führt das Tablet genau zu der Stelle, wo Saugroboter 2 zwar noch an der Fassade hängt, aber nicht mehr ordentlich reinigt. Zum Glück handelt es sich noch um einen Gebäudetyp, bei denen sich die Fenster manuell aufschieben lassen. So kann sie einfach das Fenster öffnen, den Roboter von der Fassade lösen und begutachten. Sofort erkennt sie, dass die Düsen vollkommen verstopft sind. Normalerweise haben die Roboter eine eingebaute Funktion zur Düsenreinigung. Aber diese versagt mal wieder ab und an, so wie auch heute. Sie reinigt die Düsen händisch, überprüft auch alle anderen Funktionen des Roboters und startet ihn neu.

Der Einsatz aktueller Technologie hat für die Fassadenreinigerinnen und -reiniger dazu geführt, dass einige Aufgaben wegfallen. So werden Glasfassaden immer seltener von Menschen gereinigt, weil dazu häufiger Saugroboter eingesetzt werden. Dennoch bleiben diese Tätigkeiten erhalten, besonders für Fassaden, deren Fenster von hervorstechenden Elementen getrennt werden. Hierfür würde sich der Einsatz von Robotern nicht lohnen. Neu hinzugekommen ist jedoch eine Grundausbildung in der Wartung der technischen Helfer. So können die Reinigungskräfte bis zu einem gewissen Grad die Saugroboter vor Ort überprüfen und Fehler beheben. Für die Unternehmen spart dies Zeit und Kosten, da nicht immer eine externe Firma beauftragt werden muss. Und auch wenn sie nicht immer selbstbestimmt zwischen dem Reinigen und Warten wechseln können, sondern kurzfristig auf ausgefallene Geräte reagieren müssen, führt der Zugewinn an technischer Fachkompetenz bei den Reinigungskräften zu erweiterter Abwechslung und neuen Aufgabenfeldern in ihrem Beruf.

Eine Stunde später hievt Stephanie den letzten Saugroboter auf die Ladefläche ihres Sprinters und schließt die Tür. Feierabend! Sie setzt sich hinter das Lenkrad und fährt nach Hause. Im Rückspiegel sieht sie noch einmal das Bürogebäude und lächelt. Es glänzt wie neu.

## Literatur

**Borisov N., Weyers B., Kluge A. (2018).** Designing a Human Machine Interface for Quality Assurance in Car Manufacturing: An Attempt to Address the "Functionality versus User Experience Contradiction" in Professional Production Environments. *Advances in Human-Computer Interaction*, 9502692.

- Bormann R., Hampp J., Hägele M. (2015).** New brooms sweep clean – an autonomous robotic cleaning assistant for professional office cleaning. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2015, 4470–4477.
- Bosona T. (2020).** Urban Freight Last Mile Logistics – Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *Sustainability*, 12, 8769.
- Brandl C., Mertens A., Schlick C.M. (2016).** Human-Robot Interaction in Assisted Personal Services: Factors Influencing Distances That Humans Will Accept between Themselves and an Approaching Service Robot. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26 (6), 713–727.
- Bundesagentur für Arbeit (2011).** Klassifikation der Berufe 2010. Band 2: Definitorischer und beschreibender Teil (KldB 2010). Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.
- Bundesagentur für Arbeit (2015).** Berufssektoren und Berufssegmente auf Grundlage der KldB 2010. Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.
- Bundesagentur für Arbeit (2020).** Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Tabellen, Beschäftigte nach Berufen (KldB2010) (Quartalszahlen). Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.
- Cooke L., Greenwood H. (2008).** „Cleaners don’t need computers“: bridging the digital divide in the workplace. *Aslib Proceedings*, 60(2), 143–157.
- Dangelmeier W. (2009).** Theorie der Produktionsplanung und -steuerung. Berlin Heidelberg: Springer.
- Dyckhoff H. (2006).** Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. Berlin Heidelberg: Springer.
- Eißfeldt H., End A. (2020).** Investigating attitudes towards drone delivery. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 64(1), 169–173.
- Ewedaio K., Chhetri P., Jie F. (2018).** Estimating transportation network impedance to last-mile delivery a case study of Maribyrnong City in Melbourne. *The International Journal of Logistics Management*, 29, 110–130.
- Fahle S., Prinz C., Kuhlenkötter B. (2020).** Systematic review on machine learning (ML) methods for manufacturing processes – Identifying artificial intelligence (AI) methods for field application. *Procedia CIRP*, 93(1), 413–418.
- Fletcher S., Johnson T., Adlon T., Larreina J., Casla P., Parigot L., Alfaro P., Otero M. (2020).** Adaptive automation assembly: Identifying system requirements for technical efficiency and worker satisfaction. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105772.
- Grambo P., Mullick T., Furukawa T., Matoba M., Nasu Y. (2019).** Automatic Sorting-and-Holding for Stacking Heterogeneous Packages in Logistic Hubs. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 109–114.
- Gualtieri L., Palomba I., Merati F.A., Rauch E., Vidoni R. (2020).** Design of Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators’ Physical Ergonomics and Production Efficiency: A Case Study. *Sustainability*, 12, 3606.

- Gutenberg E. (1983).** Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 1: Die Produktion. 24. unveränderte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Hacker W., Sachse P. (2014).** Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Göttingen: Hogrefe.
- Hacker W. (2016).** Vernetzte künstliche Intelligenz / Internet der Dinge am deregulierten Arbeitsmarkt: Psychische Arbeitsanforderungen. *Psychologie des Alltagshandelns*, 9(2), 4–21.
- Helmrich R., Tiemann M. (2015).** Ein Modell zur Beschreibung beruflicher Inhalte. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik online*, 29, 1–27.
- Irawan Y., Muhandi M., Ordila R., Diandra R. (2021).** Automatic Floor Cleaning Robot Using Arduino and Ultrasonic Sensor. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(4), 240–243.
- Karabegović I., Karabegović E., Mahmić M., Husak E. (2015)** The application of service robots for logistics in manufacturing processes. *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4), 185–194.
- Lee Y., Kwon D., Park C., Seo M., Seo T. (2020).** Automated technique for high-pressure water-based window cleaning and accompanying parametric study. *PLoS ONE*, 15(12), e0242413.
- Lee Y.-S., Kim S.-H., Gil M.-S., Lee, S.-H., Kang M.-S., Jang S.-H., Yu B.-H., Ryu B.-G., Hong D., Han C.S. (2018).** The study on the integrated control system for curtain wall building facade cleaning robot. *Automation in Construction*, 94, 39–46.
- Li K., Hall M., Bermell-Garcia P., Alcock J., Tiwari A., Gonzalez-Franco M. (2017).** Measuring the Learning Effectiveness of Serious Gaming for Training of Complex Manufacturing Tasks. *Simulation & Gaming*, 48, 770–790.
- Lopez F.G., Abbenseth J., Henkel C., Dörr S. (2017).** A predictive online path planning and optimization approach for cooperative mobile service robot navigation in industrial applications. *European Conference on Mobile Robots (ECMR) 2017*, 1–6.
- Madinei S., Alemi M.M., Kim S., Srinivasan D., Nussbaum M.A. (2020).** Biomechanical evaluation of passive back-support exoskeletons in a precision manual assembly task: 'expected' effects on trunk muscle activity, perceived exertion, and task performance. *Human Factors*, 62(3), 441–457.
- McKinnon A.C. (2016).** The Possible Impact of 3D Printing and Drones on Last-mile Logistics: An Exploratory Study. *Built Environment*, 42(4), 588–576.
- Mihailidis A., Melonis M., Keyfitz R., Lanning M., van Vuuren S., Bodine C. (2015).** A nonlinear contextually aware prompting system (N-CAPS) to assist workers with intellectual and developmental disabilities to perform factory assembly tasks: system overview and pilot testing. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 11(7), 604–612.
- Minow A., Böckelmann I. (2020).** Beanspruchung, objektive Leistung und Gebrauchstauglichkeit bei simulierten Montageprozessen mit digitalen Arbeitsanweisungen. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 70, 47–56.

- Oliveira C.M.d., Albergaria De Mello Bandeira R., Vasconcelos Goes G., Schmitz Gonçalves D.N., D'Agosto M.D.A. (2017).** Sustainable Vehicles-Based Alternatives in Last Mile Distribution of Urban Freight Transport: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 9, 1324.
- Otsetova A. (2019).** Digital Transformation of Postal Operators – Challenges and Perspectives. *Transport and Communications*, 7(2), 15–20.
- Pfeiffer S. (2016).** Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work. *Societies*, 6(2), 16.
- Pfeiffer S. (2018).** Die Quantifizierung von Nicht-Routine. Zur ökologischen Validierung des Arbeitsvermögen-Index – und einem anderen Blick auf das Ersetzungspotenzial von Produktionsarbeit. *Arbeit*, 27(3), 213–237.
- Realyvasquez-Vargas A., Arredondo-Soto K., García-Alcaráz J.L., Márquez-Lo-bato B.Y., Cruz-García J. (2019).** Introduction and configuration of a collaborative robot in an assembly task as a means to decrease occupational risks and increase efficiency in a manufacturing company. *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, 57, 315–328.
- Schliwa G., Armitage R., Aziz S., Evans J., Rhoades J.M. (2015).** Sustainable city logistics – Making cargo cycles viable for urban freight transport. *Research in transportation business and management*, 15, 50–57.
- Schuster M., Bormann R., Steidl D., Reynolds-Haertle S., Stilman M. (2010).** Stable stacking for the distributor's pallet packing problem. *IEEE/RSJ 2010 International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2010 – Conference Proceedings*. 3646–3651.
- Seo T., Jeon Y., Park C., Kim J. (2019).** Survey on Glass and Facade-Cleaning Robots: Climbing Mechanisms, Cleaning Methods, and Applications. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 6(2), 367–376.
- Silva L., Rosa C., Paulo I., Mattos N., Giracca C., Merino G., Merino E. (2020).** Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Risks in Postal Workers Through Motion Capture, a Case Study. In: Arezes, P., Baptista, J. S., Barroso, M. P., Carneiro, P., Cordeiro, P., Costa, N., Melo, R., Miguel, A. S., Perestrelo, G. (Eds.): *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene: Proceedings Book of the SHO2020*. 85–88.
- Terhoeven J. (2021).** Objektbezogene Tätigkeiten im digitalen Wandel. Arbeitsmerkmale und Technologieeinsatz. 1. Auflage. Dortmund: BAuA.
- Ulich E. (2005).** Arbeitspsychologie. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Uva A.E., Gattullo M., Manghisi V.M., Spagnulo D., Cascella G.L., Fiorentino M. (2018).** Evaluating the effectiveness of spatial augmented reality in smart manufacturing: a solution for manual working stations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 509–521.
- Valaskova K., Throne O., Kral P., Michalkova L. (2020).** Deep Learning-enabled Smart Process Planning in Cyber-Physical System-based Manufacturing. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 8(1), 121–127.

**Vernim S., Reinhart G. (2016).** Usage Frequency and User-Friendliness of Mobile Devices in Assembly. *Procedia Cirp*, 57(1), 510–515.

**Wittig P., Nöllenheid C., Brenscheidt S. (2013).** Grundausswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012. Dortmund/Berlin/Dresden: BAuA.