

FORSCHUNGSBEIRAT



*Expertise des Forschungsbeirats Industrie 4.0*

# Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit – Perspektiven und Gestaltungsoptionen

Der Forschungsbeirat Industrie 4.0 wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen: 02P17D260) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

**Empfohlene Zitierweise:**

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit – Perspektiven und Gestaltungsoptionen, 2024, DOI: 10.48669/fb40\_2024-1

## Impressum

**Herausgeber**

Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

**Projektbüro**

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften  
Geschäftsstelle  
Karolinenplatz 4  
80333 München

**Autorinnen und Autoren**

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM:

Stefan Gabriel, Tommy Falkowski,

Jannis Graunke, Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML:

Anike Murrenhoff, Dr. Veronika Kretzschmer,

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel

**Koordination**

Dr. Paul Grünke, acatech

**Redaktion und Lektorat**

Elisabeth Mader

**Gestaltung und Produktion**

GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH  
für Kommunikation und Medien, Marketing und Gestaltung;  
groothuis.de

**Bildnachweis**

iStock

**Stand**

April 2024

---

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

 **acatech**  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

---

 **Fraunhofer**  
IEM

 **Fraunhofer**  
IML

---

Der **Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0** berät als strategisches und unabhängiges Gremium die *Plattform Industrie 4.0*, ihre Arbeitsgruppen und die beteiligten Bundesministerien, insbesondere das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Als **Sensor** von Entwicklungsströmungen beobachtet und bewertet der Forschungsbeirat die Leistungsprofilentwicklung von Industrie 4.0 und versteht sich als **Impulsgeber** für künftige Forschungsthemen und Begleiter beziehungsweise Berater zur Umsetzung von Industrie 4.0. Dabei konzentriert sich der Forschungsbeirat inhaltlich auf folgende **Themenfelder im Kontext von Industrie 4.0**:

- Industrielle Wertschöpfung im Wandel
- Perspektiven technologischer Entwicklungen
- Engineering von Industrie 4.0-Lösungen
- Arbeit, Unternehmen und Gesellschaft

Hier setzen die **Expertisen des Forschungsbeirats** an. Vor dem Hintergrund der Themenfelder werden klar umrissene Problemstellungen aufgezeigt, Forschungs- und Entwicklungsbedarfe definiert und Handlungsoptionen für eine erfolgreiche Gestaltung von Industrie 4.0 abgeleitet.

Die Expertisen liegen in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Autorinnen und Autoren. Alle bisher erschienenen Publikationen des Forschungsbeirats stehen unter [www.acatech.de/projekt/forschungsbeirat-industrie-4-0/](http://www.acatech.de/projekt/forschungsbeirat-industrie-4-0/) zur Verfügung.

# Inhalt

Management Summary.....	3
1. Einleitung.....	4
2. Ausgangslage und Zielsetzung.....	5
3. Methodisches Vorgehen .....	6
4. Allgemeine Grundlagen.....	10
4.1. Industrie 4.0 und Künstliche Intelligenz .....	10
4.2. Veränderung der Arbeitswelt.....	12
5. Stand der Technik .....	16
5.1. Anwendungsfälle KI-gestützter Arbeit in der Literatur .....	16
5.2. Studien zu Folgen des KI-Einsatzes für Beschäftigte .....	16
5.3. Gestaltungsansätze KI-gestützter Arbeit .....	18
5.4. Entwicklungsperspektiven KI-gestützter Arbeit .....	19
6. Status Quo des KI-Einsatzes.....	20
6.1. KI-Einsatz im Produktionsumfeld.....	20
6.2. Chancen und Herausforderungen .....	22
6.3. Beschäftigungssegmente.....	23
7. Folgen für den Beschäftigteneinsatz .....	24
7.1. Mensch-KI-Interaktion .....	24
7.2. Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung.....	24
7.3. Szenarien von Jobprofilen im Produktionsumfeld .....	24
7.3.1. Jobprofil: Fachkraft für Lagerlogistik .....	26
7.3.2. Jobprofil: SPS-Programmiererin .....	28
7.3.3. Jobprofil: Produktionsplanerin .....	30
7.3.4. Jobprofil: Hilfskraft in der Montage .....	32
7.3.5. Übergreifende Betrachtung der Jobprofile .....	34
8. Gestaltungsansätze und Entwicklungsperspektiven .....	35
8.1. Entwicklungsperspektiven .....	35
8.2. Maßnahmen und Gestaltungsoptionen.....	36
8.3. Rahmenbedingungen und Unterstützungsangebote.....	39
8.4. Forschungs- und Entwicklungsbedarf.....	39
9. Fazit und Ausblick.....	41
10. Anhang .....	42
10.1. Tabellen.....	42
10.2. Abbildungen .....	42
10.3. Beteiligte Experten .....	42
Literatur .....	43
Mitglieder des Forschungsbeirats .....	46

# Management Summary

Die vorliegende Expertise beleuchtet die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in die industrielle Arbeit. Methodische Grundlage hierfür bildet eine ausführliche Literaturrecherche sowie 25 Interviews und zwei Workshops mit Fachleuten, insbesondere aus der Industrie. Die Expertise gibt einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Technik, die Einführung von KI und deren Auswirkungen auf Beschäftigungssegmente, Gestaltungsoptionen für Unternehmen sowie Entwicklungsperspektiven für die industrielle Arbeit.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Unternehmen mehrheitlich noch im Anfangsstadium der KI-Einführung befinden. Es besteht damit eine deutliche Diskrepanz zwischen der technologischen Entwicklung und ihrer Anwendung im betrieblichen Kontext. Die befragten Fachleute erwarten, dass einige Tätigkeiten zukünftig in den meisten Jobs von KI-Anwendungen übernommen werden, es jedoch zu keiner vollständigen Substitution von Menschen durch KI kommt. Vielmehr rechnen sie mit einer komplementären Arbeitsgestaltung von Menschen und KI, worin sie einen großen Mehrwert sehen. Allerdings ist festzustellen, dass bisher erst wenige KI-Anwendungen im produktiven Einsatz sind. Aus diesem Grund war es für die Fachleute mitunter schwer, in den Interviews und Workshops die Auswirkungen von KI auf die Beschäftigten oder besonders betroffene Beschäftigtensegmente zu konkretisieren oder vollständig abzuschätzen.

Auf Grundlage von vier Jobprofilen mit ausgearbeiteten Personas wurden mit den Fachleuten Erkenntnisse über zukünftige Entwick-

lungen herausgearbeitet. Dabei wurde deutlich, dass die konkrete Ausgestaltung der Einführung von KI und weitere Faktoren wesentlich dafür sind, ob sich die Rahmenbedingungen verbessern oder verschlechtern. In Summe ist auch festzustellen, dass sich nur begrenzt allgemeine Aussagen über die Folgen für die Beschäftigung treffen lassen. In der Tendenz deuten die Diskussionen mit den Fachleuten jedoch auf eine Polarisierung der Arbeit hin, bei der Tätigkeiten mit mittleren Qualifikationen wegfallen und Tätigkeiten mit hohen sowie niedrigen Qualifikationen verbleiben. Die daraus abgeleiteten Maßnahmen für eine erstrebenswerte Arbeitsgestaltung sind in die Ausarbeitung der Gestaltungsoptionen eingeflossen. Für diese haben die Fachleute verschiedene Handlungsfelder und Gestaltungsoptionen identifiziert.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist beispielsweise, Beschäftigte einzubeziehen, um Akzeptanz für den Prozess der KI-Einführung zu schaffen und vorhandenes betriebliches Erfahrungswissen zu nutzen. Weitere Handlungsfelder, für die konkrete Maßnahmen beschrieben werden, sind: die Erarbeitung einer KI-Strategie, die Organisation der KI-Einführung, die Schaffung von Prozessen und die Verfügbarkeit geeigneter Daten, Sensibilisierung und Transparenz, Zusammenarbeit und Kultur, der Aufbau interner Kompetenzen und die Nutzung externer Kompetenzen. Die vorliegende Expertise soll Unternehmen Orientierung für die humanzentrierte Gestaltung von KI-Anwendungen bieten und Impulse für die Versachlichung der Debatte rund um KI in der industriellen Arbeit liefern.



## 2. Ausgangslage und Zielsetzung

Ausgehend von dem in der Einleitung beschriebenen Themenfeld wurden in dieser Expertise die folgenden drei **Forschungsfragen** untersucht:

- Welche Beschäftigungssegmente sind mit dem Einsatz KI-basierter Systeme konfrontiert?
- Welche Folgen für den zukünftigen Beschäftigteinsatz ergeben sich aus dem Einsatz dieser Systeme?
- Welche Gestaltungsansätze und -optionen sowie Entwicklungsperspektiven existieren für KI in der industriellen Arbeit im Sinne einer humanzentrierten Systemgestaltung und welche weitergehenden Forschungs- und Entwicklungsbedarfe existieren?

Im Fokus der Expertise liegt die diskrete Fertigung insbesondere in den Branchen Maschinen- und Anlagenbau, Fahrzeugbau sowie Automatisierungstechnik. Dieser Fokus berücksichtigt die Betrachtung der Produktion sowohl von spezialisierten und auf individuelle Kundenbedürfnisse zugeschnittenen Einzelstücke als auch von großen Stückzahlen einer bestimmten Variante. Zudem beinhaltet die diskrete Fertigung vielfältige Tätigkeiten und bietet somit großes Potenzial für den Einsatz von und die Interaktion mit KI: sowohl im Management als auch auf Ebene des Shopfloors, beispielsweise in personalintensiven Montageprozessen. Die Auswirkungen des vermehrten Einsatzes von KI-Anwendungen in der industriellen Arbeit lassen sich in der diskreten Fertigung daher ganzheitlich untersuchen. Methodische Grundlage dieser Expertise bildet ein qualitati-

ves Design in Form von Interviews und Workshops zur explorativen Erforschung (vgl. Kapitel 3).

Mit der Erstellung dieser Expertise werden mehrere Zielsetzungen verfolgt:

- Die Expertise soll einen **substanziellen Beitrag für die generelle fachöffentliche Debatte** über Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsoptionen von industrieller Arbeit leisten, insbesondere im Hinblick darauf wie industrielle Arbeit unter Einsatz KI-basierter Systeme attraktiv gestaltet werden kann.
- Die Expertise soll einen **empirisch validen und konkreten Beitrag** zu Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsherausforderungen von industrieller Arbeit **für die Arbeitsforschung** leisten.
- Die Expertise soll **Forschungs- und Entwicklungsbedarfe** aufzeigen.
- Die Expertise soll **Gestaltungsansätze und -optionen sowie konkrete Praxisbeispiele für die unternehmens- und arbeitspolitische Ebene** liefern. Die Gestaltungsoptionen sollen Entwicklungsperspektiven für Unternehmen aufzeigen, insbesondere um ihre Arbeitgeberattraktivität in Zeiten des Fachkräftemangels zu steigern. Zudem sollen sie anderen Akteuren wie Betriebsräten Orientierung bieten.

### 3. Methodisches Vorgehen

Die vorliegende Expertise basiert auf einer Kombination verschiedener methodischer Ansätze der empirischen Sozialforschung, die im Folgenden beschrieben werden (vgl. Abbildung 2).<sup>9</sup>

Zunächst wurde in einer Literaturrecherche der aktuelle Stand der Forschung zu KI in der industriellen Arbeit herausgearbeitet. Hierbei wurden zunächst grundlegende Begriffe und Konzepte in Bezug auf Industrie 4.0, KI sowie Veränderungen der Arbeitswelt identifiziert und eingeordnet (vgl. Kapitel 4). Ebenfalls wurden bestehende Ansätze zur Beantwortung der formulierten Forschungsfragen identifiziert (vgl. Kapitel 5).

#### Durchführung von Interviews mit Fachleuten

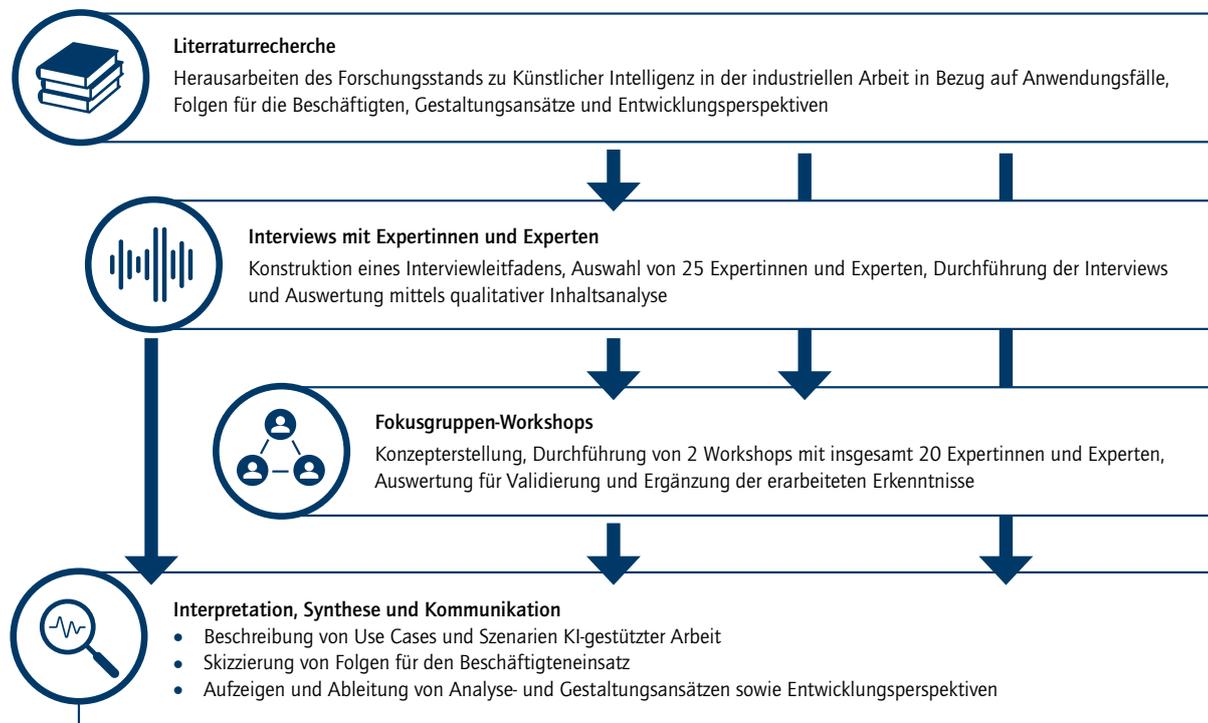
Das Thema KI in der industriellen Arbeit ist sehr komplex und zeichnet sich durch einen hohen Anwendungsbezug aus. Daher wurde die Literaturrecherche um Methoden der Primärdatenerhebung erweitert. Hierzu wurden Interviews mit Fachleuten geführt, die im

Anschluss qualitativ ausgewertet wurden. Diese Methodik ist den rekonstruierenden Untersuchungen im Rahmen qualitativer Sozialforschung zuzuordnen. Die befragten Fachleute sind in ihrer Arbeit bereits mit KI oder KI-bezogenen Prozessen in Berührung gekommen. Ihr Wissen und ihre Erfahrungen werden in dieser Expertise zugänglich gemacht, um die Forschungsfragen zu beantworten.<sup>10</sup>

Eine wichtige Funktion der Interviews sachkundiger Fachleute ist der Informationsgewinn. Ihr Spezialwissen kann orientierungs- und handlungsleitend für andere werden.<sup>11</sup> Befragungen haben als Standardinstrument der empirischen Sozialforschung grundsätzlich den Vorteil, Fakten, Einstellungen und Meinungen der Befragten zum Untersuchungsbereich zu erfassen.<sup>12</sup> Außerdem können sie Handlungen, Beobachtungen und Wissen der Befragten näher ergründen.<sup>13</sup>

Für die Interviews wurde basierend auf der vorangegangenen Literatursuche und ersten Gesprächen mit ausgewählten Fachleuten ein Leitfaden erstellt. Dieser teilstandardisierte Leitfaden besteht

Abbildung 2: Übersicht des methodischen Vorgehens bei der Erstellung der Expertise



Quelle: eigene Darstellung

9 Vgl. Flick et al. 2000, Vgl. Mays et al. 2020.

10 Vgl. Gläser et al. 2006, Vgl. Gläser et al. 2012.

11 Vgl. Bogner et al. 2014.

12 Vgl. Schnell et al. 2018.

13 Vgl. Gläser et al. 2006, Vgl. Gläser et al. 2012.

in Anlehnung an die Forschungsfragen aus drei Themenbereichen und dazugehörigen übergeordneten Fragen, die in jedem Interview vorgegeben waren:

- Einsatz KI-basierter Systeme in der industriellen Arbeit und zugehörige Beschäftigtensegmente
- Folgen für den Beschäftigteneinsatz in der industriellen Arbeit auf Grund der Nutzung KI-basierter Systeme
- Gestaltungsansätze und Entwicklungsperspektiven für den Einsatz KI-basierter Systeme in der industriellen Arbeit

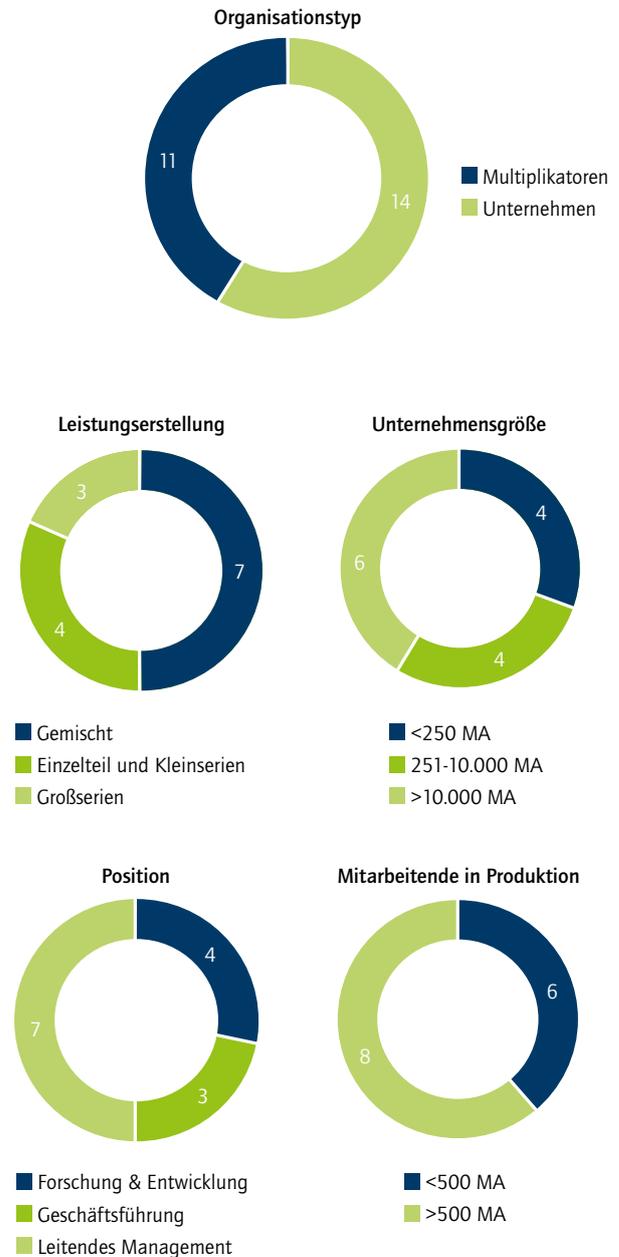
Um einen natürlichen Gesprächsverlauf zu ermöglichen, waren weder die Reihenfolge noch die genaue Formulierung der Fragen festgelegt. Dieser geringe Grad an Standardisierung in den Interviews bringt aufgrund seiner Offenheit und seines explorativen Charakters den Vorteil mit sich, neue Thesen zu formulieren und bislang unbekannt Informationen und Sachverhalte ans Licht zu bringen.<sup>14</sup>

Der Kreis der befragten Fachleute setzt sich aus Personen verschiedener Fachdisziplinen aus Industrie, Gewerkschaft, Politik und Wissenschaft zusammen, die bereits in Kooperations- und Projektnetzwerken der Fraunhofer-Institute für Entwurfstechnik Mechatronik IEM sowie für Materialfluss und Logistik IML tätig waren. Diese wurden persönlich ausgewählt, kontaktiert und bei positiver Resonanz zum Interview eingeladen. Die Fachleute wurden den Gruppen „Unternehmen“ oder „Multiplikatoren“ zugeteilt. Zur Gruppe der „Unternehmen“ zählen Fachleute aus kleinen und mittleren Unternehmen sowie aus Konzernen. Fachleute aus Gewerkschaft, Politik, Wissenschaft und Anbieter von KI-Lösungen wurden der Gruppe der „Multiplikatoren“ zugeordnet.

Um das Spezialwissen beider Personengruppen detailliert zu erfassen, wurden zwei Versionen des Leitfadens entwickelt. Die Fachleute aus der Gruppe „Unternehmen“ antworteten vor allem in Bezug auf das eigene Unternehmen, die Fachleute aus der Gruppe der „Multiplikatoren“ in Bezug auf die ihnen bekannten Unternehmen. Jede Person wurde in einem etwa einstündigen, digital durchgeführten Interview befragt. Unter vorheriger Zustimmung der interviewten Personen wurden zu Dokumentationszwecken Transkripte, Protokolle und Videoaufzeichnungen erstellt, die nach erfolgter Datenauswertung gelöscht wurden.

In den Interviews wurden elf Fachleute der Gruppe „Multiplikatoren“ und 14 Fachleute der Gruppe „Unternehmen“ befragt (vgl. Abbildung 3). Bei den Multiplikatoren handelt es sich um Fachleute, die an der Schnittstelle zwischen KI, Produktion und Arbeitsforschung tätig sind. Sie arbeiten in beratender und unterstützender Rolle mit verschiedenen Unternehmen zusammen, die KI auf dem Shopfloor einsetzen oder den Einsatz von KI planen.

**Abbildung 3: Charakteristika der Unternehmen, in denen die befragten Fachleute arbeiten**



Quelle: eigene Darstellung

Der Fokus der an den Interviews teilnehmenden Unternehmen liegt auf produzierenden kleinen, mittleren und familiengeführten Unternehmen, die bereits Erfahrung mit dem Einsatz von KI auf dem Shopfloor gemacht haben oder deren Einsatz planen. Abbildung 3 zeigt Charakteristika der Unternehmen, in denen die befragten Fachleute arbeiten. Diese haben Positionen in Forschung und Entwicklung, Geschäftsführung oder leitendem Management inne. Allen Fachleuten ist gemein, dass ihre inhaltlichen Tätigkeitsschwerpunkte einen hohen Bezug zu Digitalisierung und Industrie 4.0 haben.

Der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse entsprechend wurde für die Auswertung der Interviews ein erweiterbares Kategoriensystem erarbeitet, das auf theoretischen Vorüberlegungen basiert. Die-

14 Vgl. Gläser et al. 2006, Vgl. Flick 2003, Vgl. Gläser et al. 2012.

ses bildet ein Raster für die systematische Extraktion von Informationen aus den Interviews. Hierzu wurden relevante Textstellen aus den Interviewtranskripten entnommen und entsprechend vorher festgelegter Kategorien strukturiert und zugeordnet. Im Anschluss wurden sich wiederholende Aussagen der Fachleute herausgearbeitet und daraus Kernaussagen formuliert. Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgte unter Einbezug des individuellen Verständnisses des die Studie durchführenden Forscherteams.<sup>15</sup>

## Fokusgruppen-Workshops

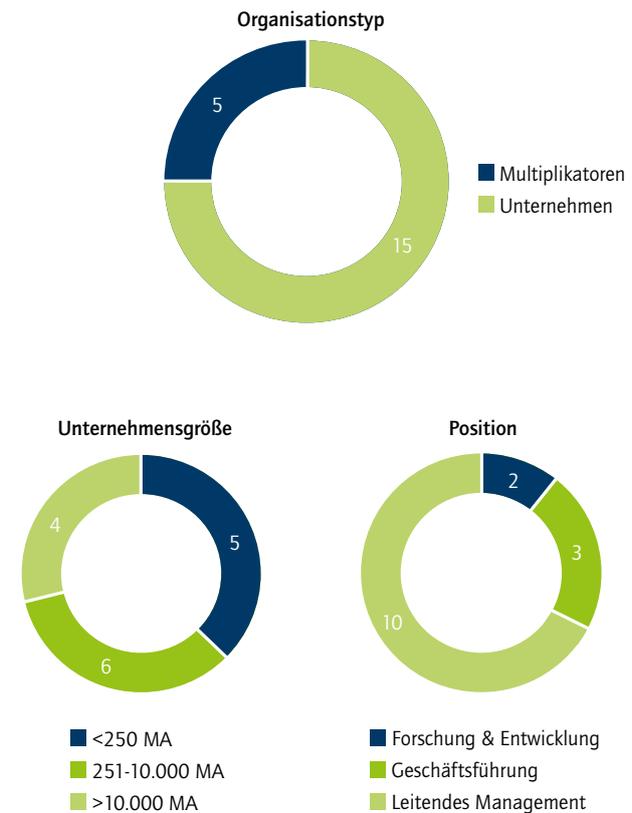
Mit dem Ziel, weitere Erkenntnisse zu gewinnen, wurden im nächsten Schritt in zwei Workshops Fokusgruppendifkussionen durchgeführt. Fokusgruppendifkussionen sind eine Methode der empirischen Sozialwissenschaften. Dieses moderierte Diskursverfahren ermöglichte es, einen Überblick über verschiedene Meinungen, Wahrnehmungen und Erwartungen zum Thema „Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit“ zu bekommen. Außerdem konnten damit neue Ideen und Einsichten gewonnen, neue Themenbereiche erschlossen sowie zugrundeliegende Motive für bestimmte Haltungen und Verhaltensweisen ergründet werden. All dies erlaubte, die Antworten, die die Fachleute zuvor in den Interviews gegeben hatten, tiefer und umfassender zu interpretieren.<sup>16</sup>

Die Arbeit für die Fokusgruppendifkussionen in den beiden Workshops gliederte sich in drei Phasen. In Phase 1 wurden Themenkomplexe, die sich durch die Forschungsfragen, die Literaturrecherche sowie die Interviews ergeben haben, herausgearbeitet. Dies war die Basis für den Diskussionsleitfaden der Workshops. Dann wurden Fachleute sowie Moderatorinnen und Moderatoren ausgewählt, die an den Workshops teilnehmen sollten. In Phase 2 fand die Fokusgruppendifkussion statt. In Phase 3 erfolgte die Datenanalyse, Interpretation und Synthese in Anlehnung an BURKI.<sup>17</sup>

Für die Workshops wurden jeweils zwei Fokusgruppen gebildet. Sie bestanden aus bereits interviewten sowie weiteren, noch nicht interviewten Fachleuten aus den Gruppen der „Unternehmen“ und „Multiplikatoren“. Letztere verfügen ebenso wie die bereits interviewten Fachleute über Erfahrung in den Bereichen KI, Produktion und industrielle Arbeit. Insgesamt nahmen zwanzig Fachleute an den beiden Workshops teil: fünf aus der Gruppe der Multiplikatoren und fünfzehn aus der Gruppe der produzierenden Unternehmen (vgl. Abbildung 4). Für den ersten Workshop, bestehend aus neun Fachleuten, wurden fünf Personen neu rekrutiert. Im zweiten Workshop, bestehend aus elf Fachleuten, kamen vier Personen neu dazu. Somit haben insgesamt elf Fachleute an Interviews und Workshops teilgenommen und neun ausschließlich an den Workshops.

Als Interaktions- und Dokumentationsplattform der beiden Workshops diente das DSGVO-konforme und ISO 27001 zertifizierte Kol-

Abbildung 4: Charakteristika der Teilnehmenden der beiden Workshops



Quelle: eigene Darstellung

laborations-Tool für digitale Zusammenarbeit Conceptboard.<sup>18</sup> In den zweistündigen, digital durchgeführten Workshops wurden moderierte Diskussionen zu der vorgegebenen Thematik „Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit“ angeregt. Der Moderator des Workshops klärte die Teilnehmenden über die Zielsetzung der Studie „Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit“ auf und stellte Motivation, Forschungsfragen und Ergebnisverwertung vor. So wurde sichergestellt, dass die Gruppe zur vorgegebenen Thematik „Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit“ diskutierte.<sup>19</sup>

Basierend auf Erkenntnissen der Literaturrecherche sowie der Interviews wurden den Fachleuten geschlossene Fragen zu den beiden thematischen Kategorien „Einsatz und Einführung von KI-basierten Systemen“ sowie „Gestaltungsansätze“ gestellt, die sie anhand vorgegebener Möglichkeiten beantworten sollten. Der hohe Standardisierungsgrad dieser quantitativen Befragungsmethode macht die erhobenen Daten vergleichbar und statistisch auswertbar. Außerdem dient er dazu, möglichst allgemeingültige Aussagen abzuleiten und Objektivität zu wahren. In den anschließenden Diskussionen in den Fokusgruppen konnten die Ergebnisse der Befragung interpretiert und Zusammenhänge erklärt sowie dokumentiert werden.<sup>20</sup>

15 Vgl. Gläser et al. 2006, Vgl. Gläser et al. 2012.

16 Vgl. Reiter et al. 2021, Vgl. Schulz et al. 2012.

17 Vgl. Burki 2000.

18 Vgl. Conceptboard Cloud S 2023.

19 Vgl. Reiter et al. 2021, Vgl. Schulz et al. 2012.

20 Vgl. Gläser et al. 2006, Vgl. Flick 2021, Vgl. Gläser et al. 2012.

In einem nächsten Schritt wurden vier Personas mit typischen Tätigkeiten im Bereich der industriellen Arbeit vorgestellt. Die Beschreibung umfasste das Jobprofil, die Tätigkeitsbeschreibung sowie die Erläuterungen zu den Arbeitsabläufen (ohne KI-Unterstützung versus mit KI-Unterstützung) und basierte auf den Interviewergebnissen sowie der Literaturrecherche (siehe Abschnitt 7.3). In beiden Workshops diskutierten die Fachleute jeweils über zwei Personas. Dazu wurden die Teilnehmenden in zwei Gruppen aufgeteilt. Jede Kleingruppe wurde in Breakout-Sessions gebeten, elf vorformulierte Hypothesen zu den Auswirkungen der Anwendung von KI auf die Tätigkeit beziehungsweise das Jobprofil jeweils einer Persona

zu bewerten. Dabei ging es um psychische und physische Arbeitsbelastungsfaktoren wie Entscheidungsspielräume, Beanspruchung und Arbeitszufriedenheit. Die Bewertung erfolgte auf Basis eines dichotomen Antwortformats (ja / nein). Anschließend wurden die Ergebnisse in der Gruppe diskutiert und im Conceptboard in einem offenen Kommentarfeld dokumentiert. Auf Basis dieser Ergebnisse konnten verschiedene Entwicklungsperspektiven der Jobprofile herausgearbeitet werden, welche anschließend in einem Best-Case-Szenario sowie in einem Worst-Case-Szenario formuliert wurden (vgl. Abschnitt 7.3).

## 4. Allgemeine Grundlagen

In diesem Kapitel werden die für die Expertise grundlegenden Begriffe und Konzepte vorgestellt. In Abschnitt 4.1 liegt der Fokus darauf, wie Industrie 4.0 und Künstliche Intelligenz (KI) Entwicklungen vorantreiben. Abschnitt 4.2 beleuchtet die daraus resultierenden Veränderungen der Arbeitswelt.

### 4.1. Industrie 4.0 und Künstliche Intelligenz

Unter dem Begriff Industrie 4.0 wurde im Jahr 2012 erstmals die Vision einer durchgängigen horizontalen und vertikalen Vernetzung der Produktion beschrieben. Die **Digitalisierung der Produktion** schreitet im Zuge der Industrie 4.0-Entwicklung weiter voran. Es existieren inzwischen vielfältige Methoden und Empfehlungen, die Unternehmen bei der Umsetzung der Zukunftsvision Industrie 4.0 unterstützen.<sup>21</sup>

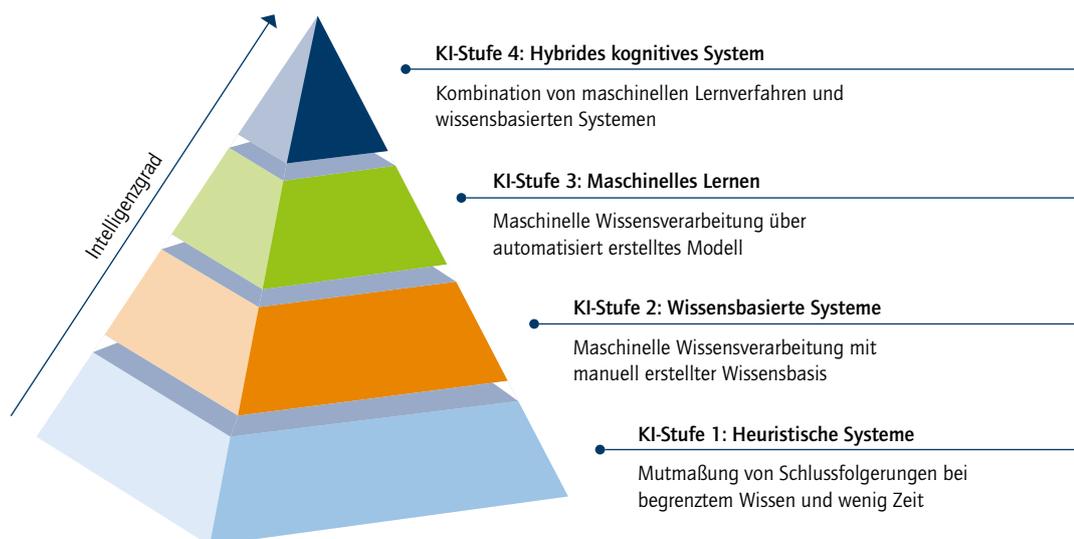
Seit einigen Jahren gewinnt das Thema der KI an Bedeutung. Hierbei ist anzumerken, dass die Forschung dazu bereits viele Jahrzehnte zurückreicht. Allerdings sind erst jetzt viele Anwendungsmöglichkeiten in dem erforderlichen Reifegrad für die industrielle Anwendung verfügbar. Auch werden viele Voraussetzungen zur Nutzung von KI-Anwendungen im Kontext von **Industrie 4.0** gerade erst geschaffen, wie beispielsweise die Erfassung und Durchgängigkeit der erforderlichen Daten.<sup>22</sup>

Die Einführung von KI in der Produktion kann als ein Schritt auf dem Weg zur Zukunftsvision Industrie 4.0 betrachtet werden. Für den Begriff **Künstliche Intelligenz** gibt es keine einheitliche Definition. Denn die Thematik ist komplex und das Verständnis, was KI überhaupt ist, variiert stark. Häufig genannte Fähigkeiten von KI sind die des Lernens, des autonomen Entscheidens und Handelns sowie des eigenständigen Umgangs mit Unsicherheit. Es können dabei vier in Abbildung 5 dargestellte Entwicklungsstufen von KI unterschieden werden. Hierbei handelt es sich um ein vereinfachtes Modell, weil der Begriff „Intelligenz“ im Kontext technischer Systeme nicht einheitlich definiert wird und sich keine eindeutige Aussage darüber treffen lässt, welche KI-Stufe an der Spitze der Pyramide steht.<sup>23</sup>

Entscheidungsbäume oder Wissensbasen von Expertensystemen für Menschen folgen einem klar nachvollziehbaren Aufbau durch logische Regeln, Merkmale und Objekthierarchien. Hier wird auch von **symbolischen Modellen** gesprochen. Bei maschinellen Lernverfahren ist es für Menschen dagegen nicht mehr erschließbar, wie die Ausgaben zustande kommen. Dies gilt insbesondere für tiefe neuronale Netze. Daher wird hier auch von **subsymbolischen Modellen** gesprochen.<sup>24</sup>

Hybride kognitive Systeme sind eine Kombination von datengetriebenen und wissensbasierten Bestandteilen, die aufgrund der un-

Abbildung 5: Vier Entwicklungsstufen der Künstlichen Intelligenz



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Mockenhaupt 2021

21 Vgl. Schuh et al. 2020.

22 Vgl. Hatiboglu et al. 2019, Vgl. Schuh et al. 2020.

23 Vgl. Mockenhaupt 2021.

24 Vgl. Döbel et al. 2018.

terschiedlichen Stärken der Ansätze großen Nutzen versprechen.<sup>25</sup> Derzeit bestehende KI-Systeme werden der **schwachen Künstlichen Intelligenz** zugeordnet. Diese KI-Systeme können in bestimmten Rahmen einzelne Tätigkeiten der Menschen übernehmen. Eine derzeit nur als theoretisches Konzept beschriebene **starke Künstliche Intelligenz** beschreibt dagegen ein System, welches menschenähnlich oder sogar in den Menschen überlegener Weise denken und handeln kann. Bezogen auf die vier Entwicklungsstufen wären zur Realisierung einer starken KI vermutlich lediglich hybride kognitive Systeme geeignet.<sup>26</sup>

Im Rahmen dieser Expertise werden unter dem Begriff **Künstliche Intelligenz** Systeme gefasst, die auf maschinellen Lernverfahren beruhen. Auf maschinellen Lernverfahren beruhende KI-basierte Systeme können anhand verschiedener Merkmale charakterisiert werden. Im Folgenden werden einige dieser Merkmale und Ausprägungsformen kurz vorgestellt, um mögliche Auswirkungen auf menschliche Arbeit sowie daraus resultierende Handlungsoptionen deutlich zu machen.

## Unterscheidungsmerkmale KI-basierter Systeme

Hinsichtlich maschineller Lernverfahren können drei **Lernaufgaben** unterschieden werden. Beim **überwachten Lernen** sind Eingangsdaten und Ergebnisse bereits vorher bekannt, beim **unüberwachten Lernen** existiert keine Ergebniskontrolle und beim **bestärkenden Lernen** wird maßgeblich durch Belohnungsprinzipien gelernt.<sup>27</sup> Maschinelle Lernverfahren können für verschiedene Arten der **Datenanalyse** genutzt werden. Die **deskriptive Analyse** nutzt historische Daten, um vergangene Zustände eines Prozesses

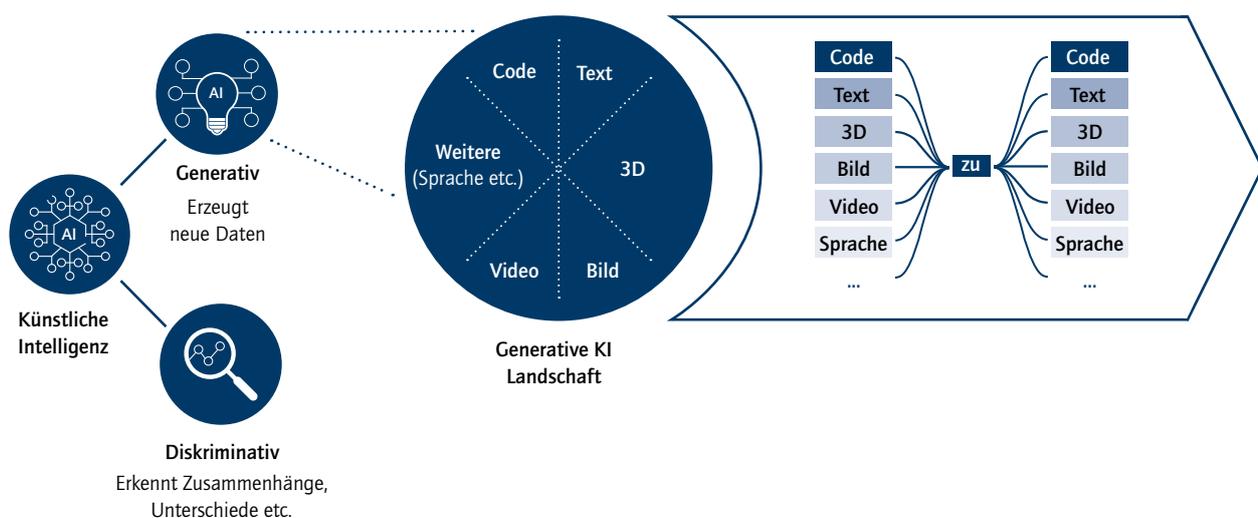
oder Systems zu beschreiben. Die **diagnostische Analyse** identifiziert anhand von Mustererkennung Ursachen für vergangene Ereignisse. Die **prädiktive Analyse** sagt anhand der vorliegenden historischen Daten die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Ereignisse und Trends voraus. Die **präskriptive Analyse** ist handlungsorientiert und leitet anhand der Modellierung des Verhaltens von Systemen Handlungsempfehlungen ab.<sup>28</sup>

Ein weiteres häufig beschriebenes Merkmal eines KI-Systems ist die **Autonomiestufe**. Hierbei reichen die Ausprägungsformen von der vollen Kontrolle des Menschen (Stufe 0) über eine abgegrenzte Autonomie, bei der der Mensch beispielsweise Vorschläge des Systems bestätigen muss (Stufe 3) bis hin zum vollständig autonomen KI-System (Stufe 5).<sup>29</sup> Ein wichtiges Merkmal für KI-Systeme ist außerdem die **Kritikalität**, welche anhand von Risikoklassen auch die Grundlage für rechtliche Rahmenbedingungen bilden soll. Die **Risikoklassen** reichen von minimalen Risiken über mäßige Risiken bis hin zu hohen Risiken (beispielsweise bei Anwendung im Bereich der kritischen Infrastruktur) und unvermeidbaren Risiken (beispielsweise bei Anwendung von Social Scoring).<sup>30</sup>

## Generative Künstliche Intelligenz als neuer Veränderungstreiber

Seit Ende 2022 ist mit der Veröffentlichung des KI-basierten Chatbots ChatGPT durch das US-Unternehmen OpenAI ein regelrechter Hype um das Thema Künstliche Intelligenz ausgebrochen – speziell im Bereich der **generativen Künstlichen Intelligenz**. Im Gegensatz zu bisherigen KI-Ansätzen, bei denen es beispielsweise um die Klas-

Abbildung 6: Arten der generativen KI



Quelle: eigene Darstellung

25 Vgl. Kirchner et al. 2023.

26 Vgl. Bitkom/DFKI 2017.

27 Vgl. Mockenhaupt 2021.

28 Vgl. Mockenhaupt 2021.

29 Vgl. BMWi 2019

30 Vgl. DIN/DKE 2022.

sifizierung von Daten geht, kann generative KI genutzt werden, um neue Inhalte zu generieren (vgl. Abbildung 6).

Neben dem auf Text spezialisierten ChatGPT gibt es inzwischen auch Modelle, die verschiedene Modalitäten verarbeiten können. So wurden mit Stable Diffusion, Midjourney oder auch Dall-E von OpenAI KI-Modelle geschaffen, die Bilder auf Basis von Texteingaben erzeugen können (Text-to-image). Die Qualität und die Modelle, die die Systeme erzeugt haben, haben sich innerhalb nur eines Jahres deutlich verbessert. Im Ergebnis können sie teilweise nicht mehr von echten Fotos unterschieden werden. Ein weiteres großes Anwendungsfeld ist die Verarbeitung und Erzeugung menschlicher gesprochener Sprache. So können Audio-Aufnahmen durch Modelle wie Whisper von OpenAI inzwischen mit sehr hoher Genauigkeit innerhalb kurzer Zeit transkribiert werden (Speech-to-text). Auch der umgekehrte Weg, das heißt die Umwandlung von geschriebenem Text in gesprochene Sprache (Text-to-speech) ist nun mit hoher Qualität möglich. Mit GPT-4 Vision hat OpenAI außerdem ein Modell veröffentlicht, das Bilder detailliert beschreiben kann (Image-to-text). Bei der Weiterentwicklung der Modelle steht inzwischen die Kombination der verschiedenen Modalitäten im Fokus, sodass sich multimediale Interaktionsformen ergeben.<sup>31</sup>

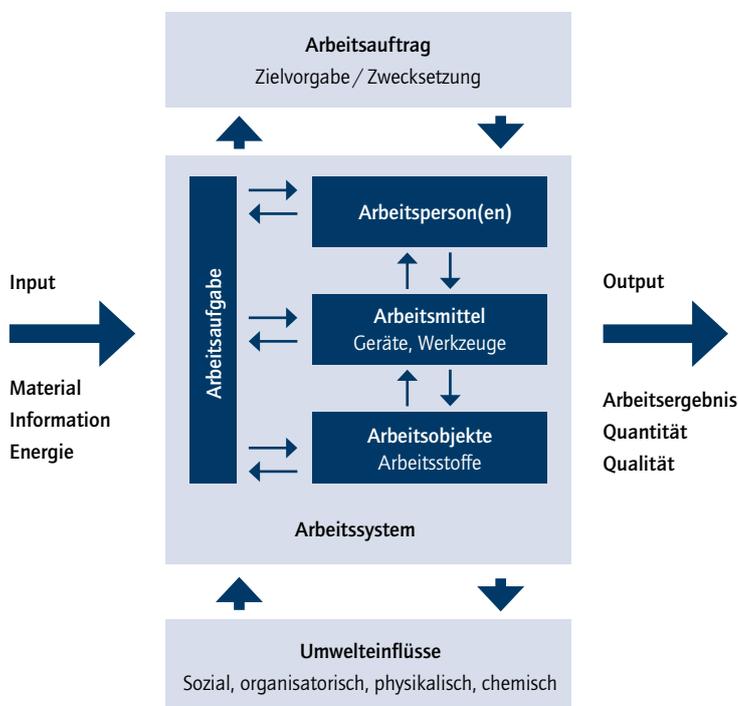
Im Fall von ChatGPT wird ein Large Language Model (LLM), genauer ein Generative Pretrained Transformer (GPT), für die Erzeugung

neuer Inhalte genutzt. Dabei handelt es sich um ein neuronales Netzwerk auf Basis einer Transformer-Architektur.<sup>32</sup> Die Modelle wurden mit Text aus dem gesamten Internet und 250.000 Büchern trainiert und sind in der Lage, authentisch wirkende Texte zu sehr vielen verschiedenen Themen zu generieren.<sup>33</sup> Dabei berechnet das Modell die Wahrscheinlichkeit für Worte beziehungsweise Wortfragmente (englisch: Tokens), die auf die Eingabe folgen sollten. Auf Basis dieser Wahrscheinlichkeiten wählt das Modell die Tokens nacheinander aus und bildet so Stück für Stück den auszugebenden Text. Die Ausgabe ist im Falle von GPT3.5 und insbesondere von GPT4 von teilweise sehr hoher Qualität. Aktuell gibt es noch keine genaue Erklärung dafür, warum diese Modelle so gute Ergebnisse erzeugen, obwohl die grundsätzliche Funktionsweise bekannt ist.<sup>34</sup>

## 4.2. Veränderung der Arbeitswelt

Anknüpfend an die Zukunftsvision von Industrie 4.0 und die fortschreitende Digitalisierung der industriellen Produktion wurde in den vergangenen Jahren unter dem Schlagwort **Arbeit 4.0** intensiv über Veränderungen der Arbeitswelt diskutiert. Ausgangspunkt dieser Diskussionen war die Erkenntnis, dass auch die Fabrik der Zukunft nicht menschenleer sein wird und dass es für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0-Lösungen essenziell sein wird, sich mit

Abbildung 7: Elemente eines Arbeitssystems



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 6385 und Schlick et al. 2018

31 Vgl. Zhao et al. 2023, Vgl. Gozalo-Brizuela et al. 2023.

32 Vgl. Vaswani et al. 2017.

33 Vgl. Brown et al. 2020.

34 Vgl. Bowman 2023.

Auswirkungen und Gestaltungsoptionen etwa in den Bereichen Arbeitsorganisation, Qualifikationen sowie Mensch-Technik-Interaktion zu beschäftigen.<sup>35</sup> Dafür ist hilfreich, das **Arbeitssystem** und seine Elemente genauer zu betrachten, welche in Abbildung 7 dargestellt sind. Das Schema ermöglicht es, Elemente getrennt voneinander zu betrachten. Es kann sowohl auf einen einzelnen Arbeitsplatz als auch auf einen ganzen Betrieb angewendet werden.<sup>36</sup>

Eine **interdisziplinäre Betrachtung** unter Berücksichtigung der Wirtschaftswissenschaften, der Ingenieurwissenschaften, der Soziologie oder der Arbeits- und Organisationspsychologie erlaubt es, Arbeit aus verschiedenen Perspektiven in den Blick zu nehmen. So kann der Produktionsfaktor Arbeit unter Effizienzgesichtspunkten betrachtet werden oder die Menschen in den Fokus nehmen und beispielsweise deren Arbeitszufriedenheit oder Motivation untersuchen.<sup>37</sup>

Im Rahmen dieser Expertise erfolgte eine Betrachtung der Arbeit im **Produktionsumfeld**, also auf dem Shopfloor sowie in unmittelbar angrenzenden Bereichen wie der Qualitätssicherung oder Arbeitsvorbereitung. Um diese Bereiche voneinander und von anderen Bereichen abzugrenzen, kann beispielsweise die funktionale Struktur eines produzierenden Unternehmens nach GAUSEMEIER & PLASS herangezogen werden.<sup>38</sup>

## Klassifikation nach Automatisierungsgrad und Tätigkeitsart

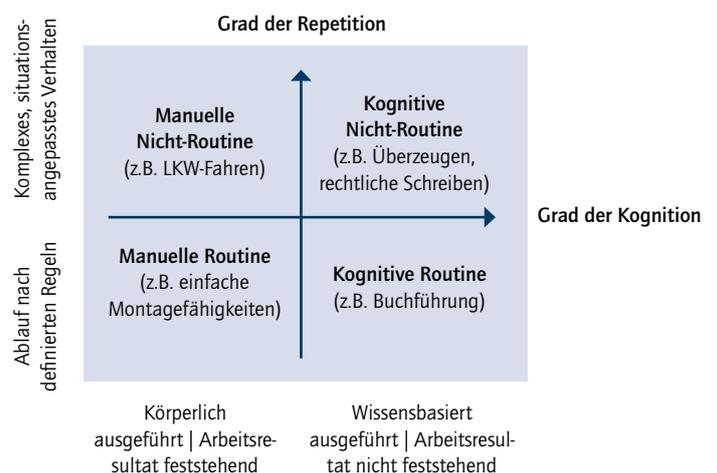
Der **Automatisierungsgrad**, also der Umfang der Umgestaltung eines Arbeitsprozesses durch Automatisierungstechnik, ist die zentrale Kennzahl für die Gestaltung des Technikeinsatzes. Der optimale Automatisierungsgrad aus ökonomischer Sicht ergibt sich aus dem Verhältnis von Kosteneinsparung und den Kosten, die bei der Automatisierung anfallen. Aus humanzentrierter Perspektive hingegen ist der KI-Einsatz dann erfolgreich, wenn die beim Menschen verbleibenden Teilfunktionen weder zu einer Über- noch zu einer Unterforderung der Beteiligten führen. Problematisch können in diesem Zusammenhang etwa **Automatisierungslücken** werden, die durch menschliche Arbeit geschlossen werden müssen, zum Beispiel in Form von manueller Beschickung von CNC-Werkzeugmaschinen. In einem solchen Fall bestimmen die Defizite der Technik die Aufgaben der Menschen, die damit zum Anhängsel der Maschine werden.<sup>39</sup> **Arbeitsmittel** können nach dem Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad unterschieden werden. So sind Bohrmaschinen **manuell gesteuert und nicht IT-gestützt**, CNC-Maschinen

sind **indirekt gesteuert und IT-gestützt** und Produktionsanlagen der Smart Factory sind **selbststeuernd und IT-integriert**.<sup>40</sup>

Für die Analyse und Gestaltung der Arbeit ist eine Differenzierung der Arbeitstätigkeiten erforderlich. Eine etablierte Klassifikation von Arbeitstätigkeiten zeigt Abbildung 8. Darin findet sich eine Unterteilung in manuelle und kognitive Tätigkeiten sowie in Routine- und Nicht-Routine-Tätigkeiten. Automatisierung und Digitalisierung dienen bisher insbesondere der Unterstützung bei Routinetätigkeiten. Zunehmend kann KI nun auch bei kognitiven **Nicht-Routine-Tätigkeiten** angewandt werden. Und sogar die Unterstützung manueller Nicht-Routine-Tätigkeiten ist in Kombination mit besserer Sensorik und Aktorik möglich. KI kann Tätigkeiten automatisiert durchführen oder die Tätigkeiten des Menschen unterstützen.<sup>41</sup>

Bisherige digitale Anwendungen können als technische Hilfsmittel verstanden werden, die menschliche Arbeitstätigkeiten unterstützen oder teilweise automatisieren. So werden papierbasierte Anleitungen durch digitale Anleitungen ersetzt, die Informationsbereitstellung wird durch Augmented-Reality- und Virtual-Reality-Technologien verbessert und einzelne Arbeitsschritte werden von Robotern übernommen. Merkmal ist jeweils, dass die technischen Hilfsmittel durch den Menschen gestaltet sind und deren Handlungen von Menschen im Vorhinein geplant wurden. KI bringt dagegen im Vergleich zu den bisherigen digitalen Technologien besondere Eigenschaften mit sich.<sup>42</sup>

Abbildung 8: Klassifikation von Arbeitstätigkeiten



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Autor et al. 2003 und Bansmann 2021

35 Vgl. Botthof et al. 2015.

36 Vgl. Schlick et al. 2018.

37 Vgl. Schlick et al. 2018.

38 Vgl. Gausemeier et al. 2014.

39 Vgl. Schlick et al. 2018.

40 Vgl. PLS 2021.

41 Vgl. Bitkom/DFKI 2017, Vgl. Autor et al. 2003, Vgl. Bruun et al. 2018.

42 Vgl. Manyika et al. 2017, Vgl. Fraunhofer IAO 2019.

## Eigenständigkeit und Komplementarität von Künstlicher Intelligenz

KI birgt das Potenzial, nicht nur als technisches Hilfsmittel eingesetzt werden zu können, sondern als **eigenständiger Akteur** Handlungen zu planen und ausführen zu können. KI kann vom Menschen nicht vorhersehbare und nicht im Vorhinein geplante Verarbeitungsschritte ausführen und so als gleichrangiger technischer Akteur neben dem sozialen Akteur Mensch betrachtet werden. Die Gleichrangigkeit liegt darin begründet, dass die Handlungsträgerschaft nicht eindeutig beim Menschen liegt, sondern teilweise oder vollständig bei der KI liegen kann.<sup>43</sup> Die KI ist somit eher als komplementärer Akteur, als „**Kollege des Menschen**“, denn als reines Werkzeug zu verstehen. Diese Zusammenarbeit wird auch als hybride Intelligenz bezeichnet. Hierbei ist einschränkend zu erwähnen, dass diese Gleichrangigkeit bei der schwachen KI auf einzelne spezifische Aufgabenbereiche begrenzt ist. KI übernimmt dabei Teilaufgaben des Menschen und bewirkt auf der Mikroebene eine Automatisierung. Dies führt aber auf der Makroebene zu einer Augmentierung des Menschen, indem KI den Menschen unterstützt und Arbeitstätigkeiten bereichert.<sup>44</sup>

HUCHLER sieht die Vorteile einer **Komplementarität von KI und humaner Arbeitskraft** in der Flexibilität und Passgenauigkeit der hybriden Lösungen durch wechselseitige Ergänzung. Diese Komplementarität kann funktional begründet werden. KI-Lösungen brin-

gen in der Praxis immer einen zusätzlichen Arbeitsaufwand mit sich. Bestimmte Aspekte von Arbeit können zudem nicht ersetzt werden. In Abbildung 9 sind diese drei Fälle detaillierter aufgeführt.<sup>45</sup>

Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich menschliches Handeln und technische Lösungen in ihrer grundsätzlichen Systematik immer noch deutlich unterscheiden, auch wenn sich maschinelles Lernen an menschliches Handeln annähert. Im Interesse einer gelungenen komplementären Gestaltung müssen die unterschiedlichen Fähigkeiten möglichst gut ineinandergreifen und im Sinne einer koevolutionären Beziehung lernförderlich gestaltet sein.<sup>46</sup>

## Ausprägungsformen der Mensch-KI-Interaktion und daraus resultierende Veränderungen

Je nach Anwendungsfall werden unterschiedliche **Fähigkeiten** von der KI übernommen. Eine McKinsey-Studie unterscheidet beispielsweise zwischen Sinneswahrnehmung, kognitiven Fähigkeiten, natürlicher Sprachverarbeitung, sozialen und emotionalen Fähigkeiten sowie physischen Fähigkeiten.<sup>47</sup> Für eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Menschen und KI sind Erfolgsfaktoren wie die Akzeptanz von KI, das Vertrauen in KI oder die Erklärbarkeit von KI zu berücksichtigen.<sup>48</sup> Ebenso können verschiedene **Modi der Mensch-KI-Interaktion** unterschieden werden. RANSBOTHAM ET AL. stellen fünf Modi vor, die abhängig vom Anwendungsfall zum

Abbildung 9: Funktionale Sicht auf die Komplementarität von Mensch und KI

	Zusätzliche Arbeit neben KI	Neue Arbeit durch KI-Lösungen	Andere Arbeit trotz KI-Lösungen
Grenzen von KI	KI erreicht Grenzen infolge Komplexität, Ungewissheit oder Veränderungen in der Praxis. Der KI steht nur ein Ausschnitt der relevanten Umwelt in Form von Daten zur Verfügung. Die Daten können die Komplexität der sozialen Praxis nur unzureichend erfassen.	Die Entwicklung und Einführung von KI-Systemen erfordern Aufwand. Auch nach stabiler Implementierung ist jedoch Arbeit für Anpassungen, Versorgung mit aufbereiteten Daten, Fehlerbehebungen und den geeigneten Umgang für den Output erforderlich.	Anteile menschlichen Wissens und Handelns sind nicht formalisierbar, d.h. nicht in explizite Information überführbar. Dies betrifft insbesondere erfahrungsgeleitetes Handeln, das situatives und flexibles Handeln ermöglicht.
Aufgabe des Menschen	Es liegt am Menschen, mit unvollständigen, widersprüchlichen, neuen bzw. unbekanntem Informationen umzugehen.	Insbesondere „Kontext-Kompetenzen“ und Erfahrungswissen des Menschen sind erforderlich.	Die nicht substituierbaren Anteile von Arbeit müssen durch den Menschen ausgeführt werden.

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Huchler 2022

43 Vgl. DIN EN ISO 9241-210, Vgl. Hatiboglu et al. 2019, Vgl. Huchler et al. 2020.  
 44 Vgl. Wilson et al. 2018, Vgl. Jarrahi 2018.

45 Vgl. Huchler 2022.  
 46 Vgl. Huchler 2022.  
 47 Vgl. Manyika et al. 2017.  
 48 Vgl. Jarrahi 2018, Vgl. Wilson et al. 2018, Vgl. Huchler 2022.

Tragen kommen und unterschiedliche Auswirkungen sowie Gestaltungserfordernisse auf die Arbeitsgestaltung der beteiligten Menschen mit sich bringen.<sup>49</sup>

- KI entscheidet und führt aus
- KI entscheidet, der Mensch führt aus
- KI empfiehlt, der Mensch entscheidet
- KI bietet Informationen für Entscheidung des Menschen
- Der Mensch schafft Modelle, KI wertet aus

Die Veränderungen der Arbeitswelt infolge der Einführung von KI sind facettenreich, wie die *Plattform Lernende Systeme* bereits in verschiedenen White Papern aufgezeigt hat. Ein Beispiel hierfür ist

die Veränderung der **Führung**. Durch KI entstehen sowohl neue Chancen als auch Herausforderungen, beispielsweise das Abwägen der Stärken von Mensch und KI durch die Führungskräfte.<sup>50</sup> Ein weiteres Beispiel für die Veränderungen infolge der Einführung von KI sind die **Kompetenzen**. Sowohl Fachkompetenzen als auch spezifische KI-Kompetenzen werden als wichtig eingeschätzt und erfordern betriebliche Qualifizierung sowie interne Seminare für Fach- und Führungskräfte.<sup>51</sup>

Durch die ab dem Jahr 2022 stark gestiegene Verfügbarkeit und Nutzung von Anwendungen, die auf generativer KI basieren, hat sich der Fokus der Untersuchungen von KI in der industriellen Arbeit erweitert. Bislang ist man davon ausgegangen, dass gerade wissensintensive Tätigkeiten nur eingeschränkt oder gar nicht automatisiert werden können. Generative KI kann jedoch insbesondere bei der Wissensarbeit und für die Lösung kreativer Aufgaben eingesetzt werden.<sup>52</sup>

49 Vgl. Ransbotham et al. 2020.

50 Vgl. PLS 2022.

51 Vgl. PLS 2021.

52 Vgl. Georgieva 2024, Vgl. Dell'Acqua et al. 2023, Vgl. Bowman 2023.

## 5. Stand der Technik

In diesem Kapitel werden vorhandene Ansätze vorgestellt, die Antworten auf die drei formulierten Forschungsfragen liefern. Abschnitt 5.1 geht auf in der Literatur beschriebene Anwendungsfälle ein. Abschnitt 5.2 stellt Studien zu betroffenen Beschäftigtensegmenten sowie zu Auswirkungen des KI-Einsatzes auf Beschäftigung vor. In Abschnitt 5.3 geht es um bestehende Gestaltungsansätze und Abschnitt 5.4 beleuchtet Entwicklungsmöglichkeiten KI-gestützter Arbeit.

### 5.1. Anwendungsfälle KI-gestützter Arbeit in der Literatur

In der Literatur wird eine Vielzahl von KI-gestützten Anwendungsfällen beschrieben. Im Folgenden erfolgt eine Fokussierung von vier ausgewählten Artikeln, die neben konkreten Anwendungsbeispielen auch übergreifende Kategorien des KI-Einsatzes im Produktionsumfeld beschreiben. Diese übergreifenden Kategorien werden beispielsweise anhand eines Systematic Literature Reviews hergeleitet. Die folgenden Anwendungsfelder werden in den Artikeln genannt:

- HATIBOGLU ET AL.: Instandhaltung, Logistik, Qualitätsmanagement und -kontrolle, Produkt- und Prozessentwicklung, Digitale Assistenzsysteme, Prozessoptimierung und -steuerung, Ressourcenplanung sowie Automatisierungstechnik<sup>53</sup>
- BALAMURUGAN ET AL.: Smarte Robotik, Logistik und Supply-Chain-Management, Smart Manufacturing (umfasst Design, Maschinen, Überwachung, Steuerung und Planung / Terminierung), Predictive Maintenance<sup>54</sup>
- FAHLE ET AL.: Produktionsprozessplanung, Qualitätskontrolle, Predictive Maintenance, Logistik, Robotik, Assistenzsysteme, Prozesskontrolle und -optimierung, Schulungskonzepte in Lernfabriken<sup>55</sup>
- USUGA CADAVID ET AL.: Smart Maintenance, Qualitätskontrolle, Prozesskontrolle und -überwachung, Intelligente Planung und Terminierung, Intelligente Produkt- und Prozessgestaltung, Arbeitszeitschätzung<sup>56</sup>

Eine Aussage zur **Häufigkeit der Use Cases** treffen dabei lediglich USUGA CADAVID ET AL. anhand einer Literaturanalyse und einer Zuordnung der gefundenen Use Cases zu den jeweiligen Anwendungsfeldern. Dabei finden sich am häufigsten Use Cases in den

Kategorien „Intelligente Planung und Terminierung“ (48 Prozent), „Arbeitszeitschätzung“ (14 Prozent) und „Smart Maintenance“ (10 Prozent).<sup>57</sup>

Weitere Studien rücken nicht den Anwendungsfall oder das Einsatzfeld in den Fokus, sondern die Funktionalitäten von KI-Anwendungen, insbesondere Daten- und Informationsextraktionen, datenbasierte Prognosen sowie Entscheidungsunterstützungen.<sup>58</sup> Diesen Studien zufolge haben 16 Prozent (Fraunhofer IAO) beziehungsweise 21 Prozent (PAPEN-KORDT ET AL.) der Unternehmen, in denen die Befragten arbeiten, ein KI-System im produktiven Einsatz. Der Großteil der Unternehmen befindet sich dagegen in der Phase der Planung oder Pilotierung.<sup>59</sup>

Eine andere Form der Kategorisierung nutzt das **Periodensystem der KI**. Die darin enthaltenen Elemente der KI beschreiben verschiedene Fähigkeiten eines KI-Systems. Die KI-Elemente können als generische Bausteine verstanden werden, durch deren Kombination ein Anwendungsfall konzipiert werden kann. Diese Bausteine werden nicht nach technologischen Gesichtspunkten kategorisiert, sondern lehnen sich an menschlichen Fähigkeiten an. Die Elemente wurden den drei Kategorien „Assess“, „Infer“ oder „Respond“ zugeordnet. Die Kombination von mindestens einem Element jeder Gruppe repräsentiert einen typischen Ablauf eines KI-Anwendungsfalls: Zunächst wird etwas erfasst, dann verarbeitet, woraus sich schließlich eine Antwort ergibt.<sup>60</sup>

Die oben aufgeführten Quellen machen deutlich, dass KI-Use-Cases unterschiedlich kategorisiert und aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden können. Relevant für diese Expertise ist insbesondere die Auswirkung der KI-Use-Cases auf menschliche Arbeit sowie die Betrachtung von KI unter humanzentrierten Gesichtspunkten. Auf Basis der Literaturrecherche wurden daher Anwendungsfelder definiert, die die spezifischen Rollen der Menschen und des KI-Systems in den Blick nehmen. Daher wurden die auf Grundlage der Literatur gebildeten und in Abbildung 10 aufgeführten Anwendungsfelder im Hinblick die jeweiligen Rollen des Menschen und des KI-Systems charakterisiert. Diese Kategorisierung bildet die Grundlage für die Auswertung der empirischen Studien.

### 5.2. Studien zu Folgen des KI-Einsatzes für Beschäftigte

FREY & OSBORNE kommen in ihrer häufig zitierten Studie zu dem Schluss, dass 47 Prozent aller Jobs leicht automatisierbar sind. Im

53 Vgl. Hatiboglu et al. 2019.

54 Vgl. Balamurugan et al. 2019.

55 Vgl. Fahle et al. 2020.

56 Vgl. Usuga Cadavid et al. 2020.

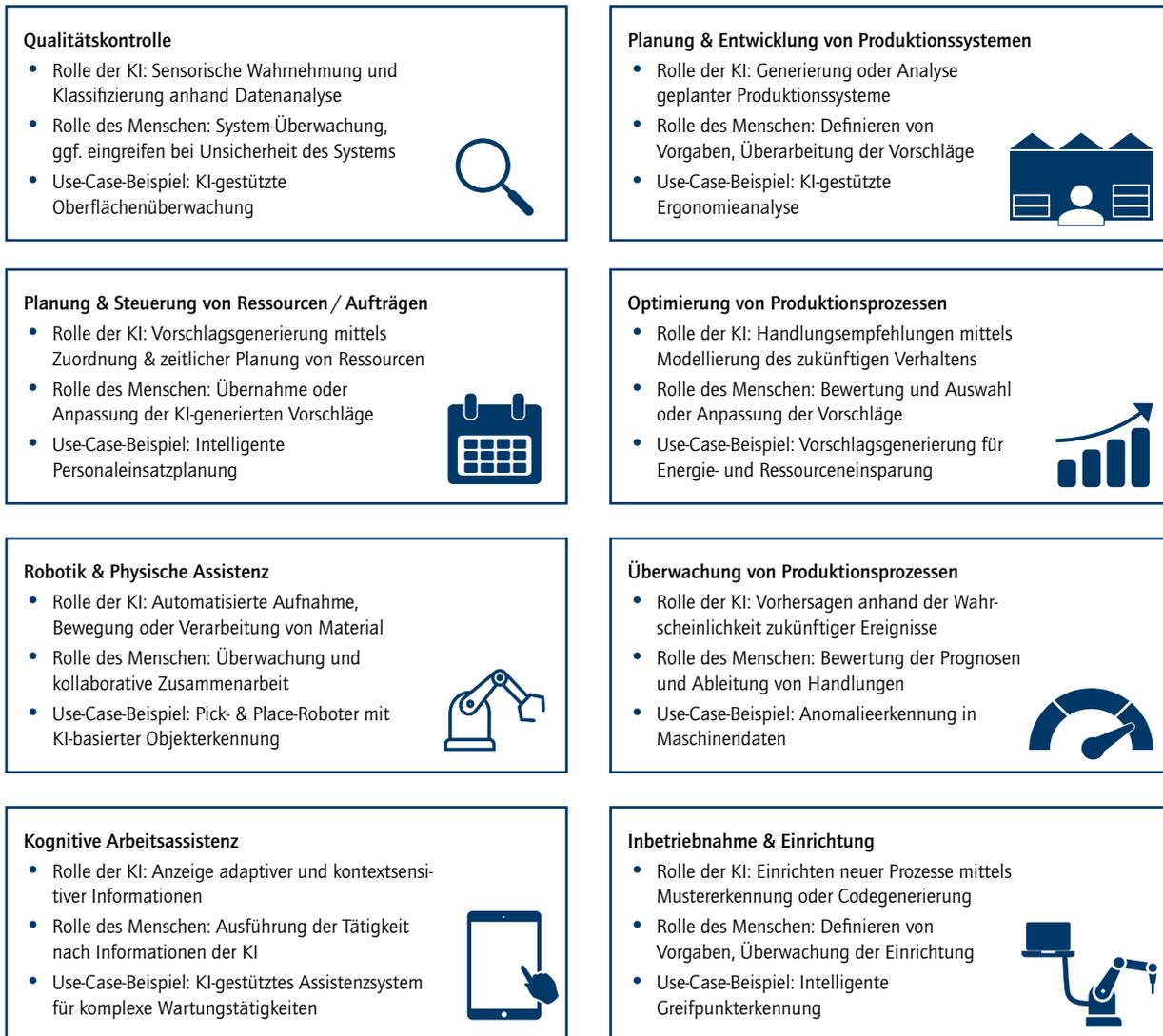
57 Vgl. Usuga Cadavid et al. 2020.

58 Vgl. Fraunhofer IAO 2019, S. 48, Vgl. Papenkordt et al. 2022.

59 Vgl. Fraunhofer IAO 2019, S. 28, Vgl. Papenkordt et al. 2022.

60 Vgl. Bitkom 2018.

Abbildung 10: Anwendungsfelder von KI-Use-Cases



Quelle: eigene Darstellung

Gegensatz zu bisherigen Entwicklungen im Bereich der Automatisierung schätzen sie, dass zukünftig auch viele Nicht-Routine-Tätigkeiten automatisierbar sein werden. Besonders wahrscheinlich sei das bei Tätigkeiten in der Logistik, Verwaltung, Produktion aber auch im Dienstleistungsgewerbe.<sup>61</sup> Eine Analyse des Unternehmens GOLDMAN SACHS zu den Auswirkungen von KI auf das Wirtschaftswachstum prognostiziert, dass in den USA die Tätigkeiten von etwa zwei Dritteln der Beschäftigten zu 25 bis 50 Prozent automatisiert werden können. Allein die generative KI habe das Potenzial, die Arbeitsproduktivität der Beschäftigten in den USA um jährlich 1,5 Prozent zu steigern.<sup>62</sup> Im Januar 2024 veröffentlichte der Internationale Währungsfonds einen Bericht, dem zufolge 40 Prozent aller Jobs weltweit in irgendeiner Form mit KI in Berührung kommen werden. Ein Teil der Jobs werde vollständig substituiert, ein anderer Teil durch KI komplementär ergänzt.<sup>63</sup> Hierzu ist anzu-

merken, dass allen in den Studien getroffenen Prognosen ein hoher Grad an Unsicherheit gemein ist, zum einen bedingt durch schwer vorhersehbare zukünftige technologische Entwicklungen, zum anderen bedingt durch das jeweilige methodische Vorgehen.

BRAUN ET AL. geben in ihrer Studie eine Prognose zum Einfluss von KI auf Arbeitstätigkeiten und Berufsbilder ab. In der industriellen Produktion rechnen sie mit einem abnehmenden Bedarf an Industriemeistern, Produktionsmitarbeitern sowie Instandhaltern. Bei Qualitätsprüfern hingegen gehen sie von einem zunehmenden Bedarf aus. Für alle vier Berufsbilder erwarten sie starke Veränderungen des Tätigkeitsprofils. Die Arbeit des Instandhalters etwa wird sich den Autoren der Studie zufolge verändern, weil KI-Anwendungen Maschinen- und Prozessdaten eigenständig überwachen und dabei gewonnene Erkenntnisse über Instandhaltung und Produktion in die Kosten- und Qualitätsoptimierung integrieren können. Die Bewertung dieser Abläufe fordert den Beschäftigten erweiterte Kompetenzen ab, weil sie Funktionszusammenhänge sowie Zuverlässigkeits- und Qualitätsaspekte verstehen und verknüpfen müssen. Außerdem wird das Handeln der Beschäftigten zunehmend

61 Vgl. Frey et al. 2017.

62 Vgl. Hatzius et al. 2024.

63 Vgl. Georgieva 2024.

von Software bestimmt und weniger von Mess- oder Sichtprüfungen. Zudem werden Kommunikations- und Teamfähigkeiten wichtiger.<sup>64</sup>

Als größte Veränderungen, die der Einsatz von KI mit sich bringt, werden höhere Produktivität und Effizienz genannt. Oben genannte neue Anforderungen an Kompetenzen sind ebenso eine Folge wie die Entlastung der Beschäftigten. Als negative Auswirkungen werden eine geringere Motivation sowie weniger soziale Kontakte genannt.<sup>65</sup>

### 5.3. Gestaltungsansätze KI-gestützter Arbeit

Richtlinien zur Gestaltung KI-gestützter Arbeit können aus **bestehenden Normen** abgeleitet werden. Die **ISO 9241-210** bietet Richtlinien für die humanzentrierte Gestaltung von Softwaresystemen, um diese gebrauchstauglich und zweckdienlich zu machen und sowohl Effizienz als auch menschliches Wohlbefinden zu verbessern. Die **ISO 6385** legt Gestaltungsgrundsätze für die Ergonomie von Arbeitssystemen vor. Beide Normen wurden nicht spezifisch für KI-Systeme geschaffen, können aber dennoch Orientierung bei deren Einführung und Gestaltung bieten.

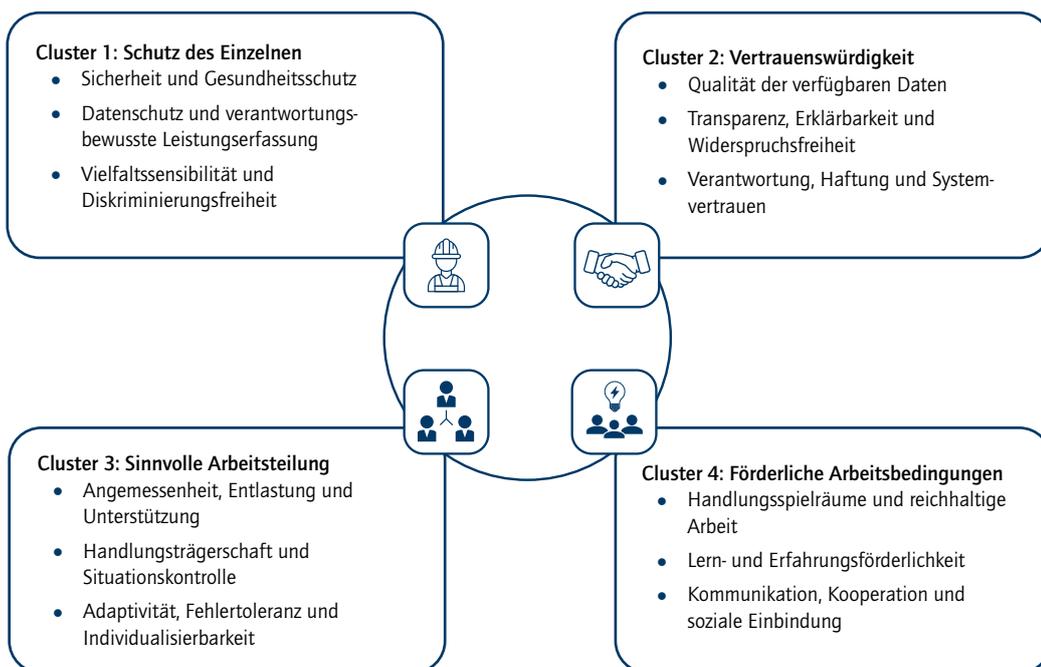
Die **MTO-Analyse** ermöglicht die Ableitung von Empfehlungen zur Arbeitsgestaltung auf Grundlage einer umfassenden Analyse. Sie basiert auf dem soziotechnischen Systemansatz unter Berücksich-

tigung der drei Dimensionen Mensch, Technik und Organisation (MTO) sowie der Handlungsregulationstheorie. Die MTO-Analyse reicht von der strategischen Ebene bis hin zu einzelnen Arbeitsplätzen und ermöglicht so eine ganzheitliche Analyse von Unternehmen. Es existieren zahlreiche weitere Instrumente zur Arbeitsanalyse und -verbesserung. So ermöglicht das in der MTO-Analyse integrierte **VERA-Verfahren** die Analyse eines Arbeitsplatzes anhand der mit einer Arbeitsaufgabe verbundenen Anforderungen an Denken, Planen und Entscheiden. Durch Gestaltungsvorschläge sollen die Anforderungen an eigenständiges Denken und Planen zur Optimierung der Arbeitsgestaltung möglichst erhöht werden. Auch diese Ansätze zur Arbeitsanalyse wurden nicht spezifisch für KI-Systeme entwickelt, können aber in deren Kontext angewendet werden.<sup>66</sup>

Einen Ansatz zur komplementären Arbeitsgestaltung bietet HUCHLER mit dem **Instrument Humanizing AI Men-Machine-Interaction (HAI-MMI)**. Reflexion und Bewertung der Mensch-Maschine-Interaktion erfolgen hierbei anhand von drei Dimensionen. Die Qualität der Interaktion als erste Dimension soll eine möglichst ausgewogene Mensch-KI-Interaktion sicherstellen. Die zweite Dimension umfasst einen Kriterienkatalog zur Gestaltung von KI-Systemen im Arbeitskontext, der in Abbildung 11 dargestellt ist.<sup>67</sup>

Die dritte Dimension umfasst die Folgenabschätzung, bei der die Folgen für Mensch und Technologie sowie das Arbeitsumfeld, die gesamte Organisation sowie das Change Management berücksich-

Abbildung 11: Kriterien zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion im Arbeitskontext



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Huchler et al. 2020

64 Vgl. Braun et al. 2023.

65 Vgl. Papenkordt et al. 2022. Vgl. Fraunhofer IAO 2019.

66 Vgl. Ulrich 2013.

67 Vgl. Huchler 2022.

tigt werden. Als zentral für die Folgenabschätzung wird die Gestaltung des Change-Prozesses gesehen.<sup>68</sup>

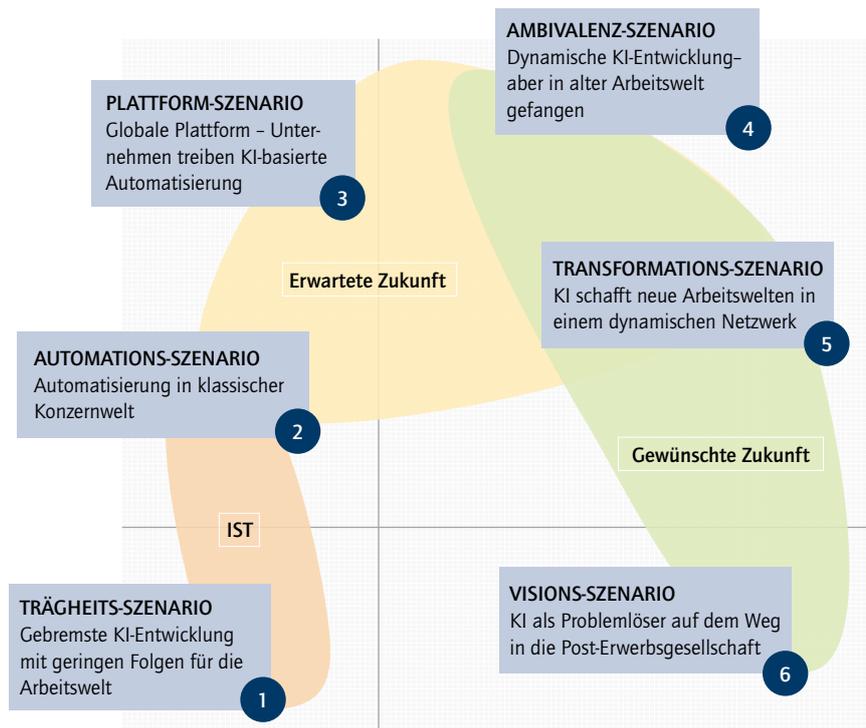
## 5.4. Entwicklungsperspektiven KI-gestützter Arbeit

Die intensive Debatte um Industrie 4.0 der vergangenen Jahre hat die Auswirkungen der Digitalisierung für die Arbeit in den Fokus gerückt – oft diskutiert unter dem Schlagwort Arbeit 4.0. Ein Schwerpunkt der Diskussion liegt auf der Frage, ob menschliche Arbeitskraft trotz neuer digitaler Technologien weiterhin unverzichtbar ist oder ob Fabriken in Zukunft menschenleer sein werden. HIRSCH-KREINSEN ET AL. haben hierfür drei **Entwicklungsszenarien zur Zukunft digitaler Arbeit** entwickelt. Das erste Szenario wird als **Upgrading von Arbeit** bezeichnet. Demzufolge kann es zwar kurzfristig zur Substitution bestimmter Tätigkeiten durch digitale Technologien kommen. Diese werden jedoch langfristig kompensiert und führen zu Beschäftigungswachstum sowie höherwertigen Tätigkeiten. Das zweite Szenario wird als **Automated Factory** be-

zeichnet. In diesem Szenario werden vor allem einfache Tätigkeiten automatisiert, sodass Jobs mit hohem Qualifikationsniveau verbleiben. Das dritte Szenario wird als **Polarisierung von Arbeit** bezeichnet. Demzufolge verliert die Arbeit mittlerer Qualifikationsgruppen infolge der Automatisierung an Bedeutung. Gleichzeitig verbleiben nicht-automatisierbare Tätigkeiten mit niedrigem Qualifikationsniveau. Jobs mit hohem Qualifikationsniveau hingegen werden noch zusätzlich aufgewertet. Die Szenarien sind somit sehr heterogen und teilweise widersprüchlich.<sup>69</sup>

Andere Studien beschreiben Entwicklungsszenarien für KI-gestützte Arbeit. BURMEISTER ET AL. stellen hierzu die in Abbildung 12 dargestellten sechs Szenarien KI-gestützter Arbeit vor. Vier dieser Szenarien werden mit einer ähnlich hohen Wahrscheinlichkeit von 60 bis 70 Prozent als erwartbar eingestuft. Als größte Herausforderung wird dabei nicht der mögliche massenhafte Verlust von Arbeitsplätzen durch Automatisierung gesehen, sondern die Gestaltung des Übergangs in die neue digitale und KI-basierte Arbeitswelt.<sup>70</sup>

Abbildung 12: Übersicht der erarbeiteten Szenarien für KI-basierte Arbeitswelten 2030



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Burmeister et al. 2019

68 Vgl. PLS 2020. Vgl. Huchler 2022.

69 Vgl. Hirsch-Kreinsen et al. 2016.

70 Vgl. Burmeister et al. 2019.

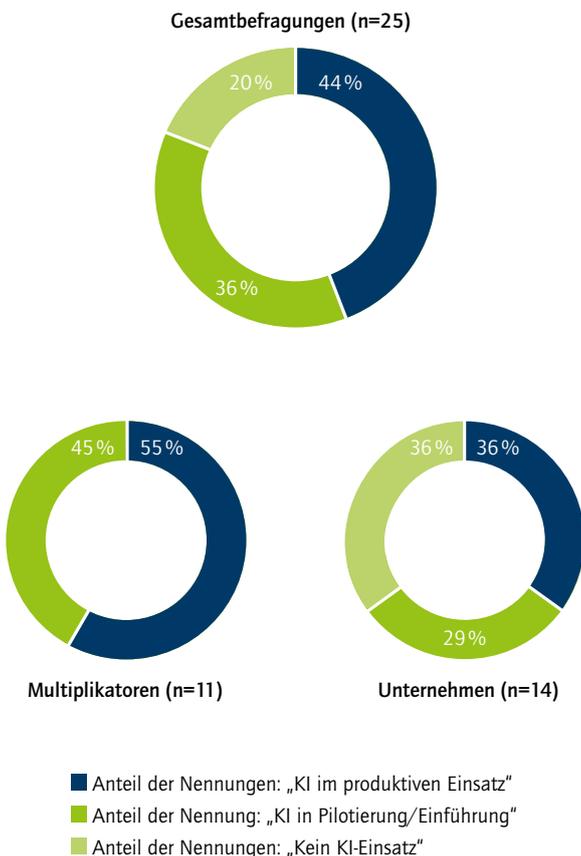
## 6. Status Quo des KI-Einsatzes

Dieses Kapitel beleuchtet in Abschnitt 6.1 Anwendungsfälle von Künstlicher Intelligenz (KI) in der industriellen Arbeit, die die im Rahmen dieser Expertise befragten Experten genannt haben. In Abschnitt 6.2 rücken Chancen und Herausforderungen von KI in den Fokus. Dies bildet die Grundlage für die Analyse der Beschäftigungssegmente, die von KI-bedingten Veränderungen betroffen sind (Abschnitt 6.3).

### 6.1. KI-Einsatz im Produktionsumfeld

Die Einführung von KI im Produktionsumfeld ist vielerorts in den Startlöchern. Alle Fachleute aus der Gruppe der Multiplikatoren wussten von Einsatz oder Pilotierung von KI-Anwendungen in ihren bekannten Unternehmen zu berichten. Einige Fachleute aus der Gruppe der Unternehmen berichteten jedoch auch, dass sie in ihren Unternehmen noch keine KI-Anwendung im Einsatz haben. Hinsichtlich des produktiven Einsatzes von KI liegen allenfalls Erfahrungen aus der jüngsten Zeit vor. Die Fachleute konnten somit insgesamt vor allem über ihre Erfahrungen in der Phase der Planung und Einführung von KI berichten, jedoch weniger über die Phase der eigentlichen Nutzung von KI. Die einzelnen Nennungen sind in Abbildung 13 dargestellt.

Abbildung 13: Einsatz von KI im Produktionsumfeld



Quelle: eigene Darstellung

Die Häufigkeit des KI-Einsatzes ist ein wenig höher, bewegt sich jedoch in einer ähnlichen Größenordnung wie in den in Abschnitt 5.1 genannten Studien. Damit bestätigt sich auch in dieser Expertise, dass KI in der industriellen Produktion zunehmend durchdringt, aber noch nicht in der Breite angekommen ist.

### Anwendungsfälle und Anwendungsfelder

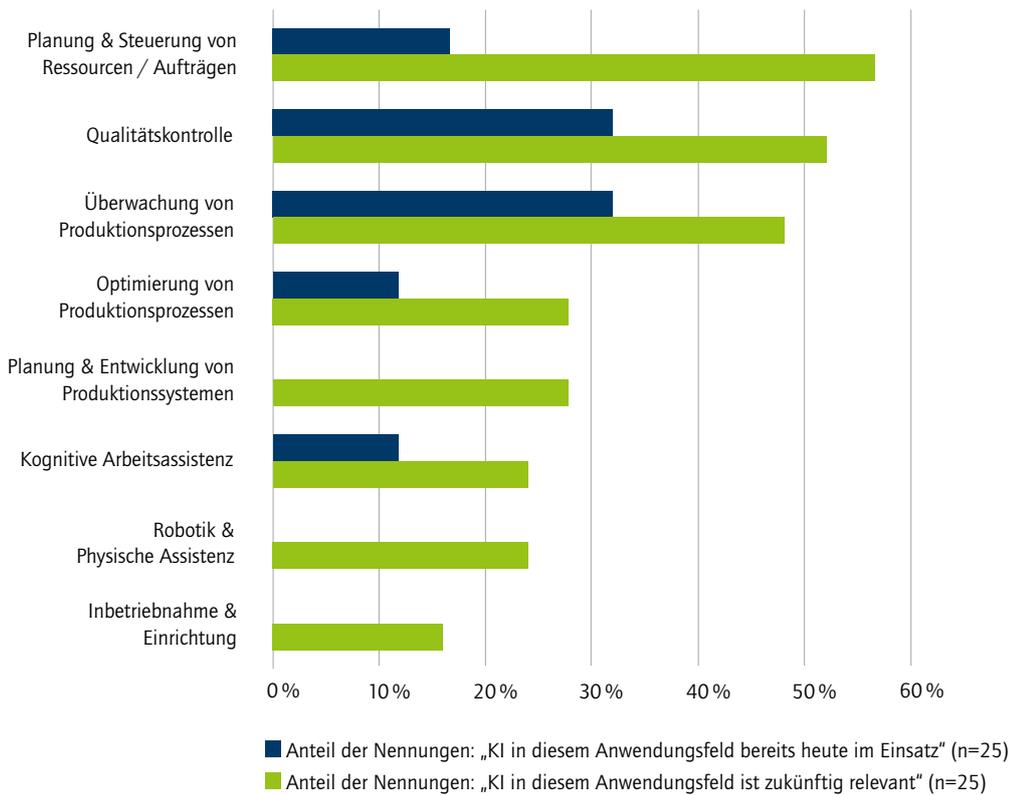
Abbildung 14 zeigt Antworten der Fachleute auf die Frage, welche Anwendungsfälle sie heute bereits einsetzen oder sich zukünftig für den Einsatz vorstellen können. Die Anwendungsfälle sind Anwendungsfeldern zugeordnet worden, zu deren Unterteilung die in Kapitel 5 vorgestellte Strukturierung genutzt worden ist (vgl. Abbildung 10). Wird ein Anwendungsfall bereits heute eingesetzt, wurde daraus gefolgert, dass er auch zukünftig relevant ist. Entsprechend ist die Nennung in beiden Kategorien inbegriffen.

Ein mehrfach genannter Anwendungsfall ist die optische Qualitätsprüfung. Dabei werden Bilder von Bauteilen per Kamera erfasst. Software wertet auf Grundlage von Trainingsdaten aus, ob die einzelnen Bauteile in Ordnung sind oder nicht. Dieser Fall wurde dem Anwendungsfeld „Qualitätskontrolle“ zugeordnet. Ein zweiter besonders häufig genannter Anwendungsfall ist die prädiktive Wartung, das dem Anwendungsfeld „Überwachung von Produktionsprozessen“ zugeordnet wurde. Neben den hier berücksichtigten Anwendungsfällen im Produktionsumfeld wurden Anwendungsfälle in weiteren Bereichen wie dem Marketing, der Verwaltung oder dem Vertrieb genannt.

In den Interviews sind keine Anwendungsfelder explizit abgefragt worden, sondern die von den Fachleuten genannten Anwendungsfälle sind von den Autorinnen und Autoren dieser Expertise im Nachgang kategorisiert worden. In den Workshops sind bei den Expertinnen und Experten dagegen explizit die Anwendungsfelder abgefragt worden, wodurch im Vergleich zu Abbildung 14 weitere Erkenntnisse über die Häufigkeit der Anwendungsfelder generiert werden können. Die Ergebnisse der Abfrage im Workshop sind in Abbildung 15 dargestellt.

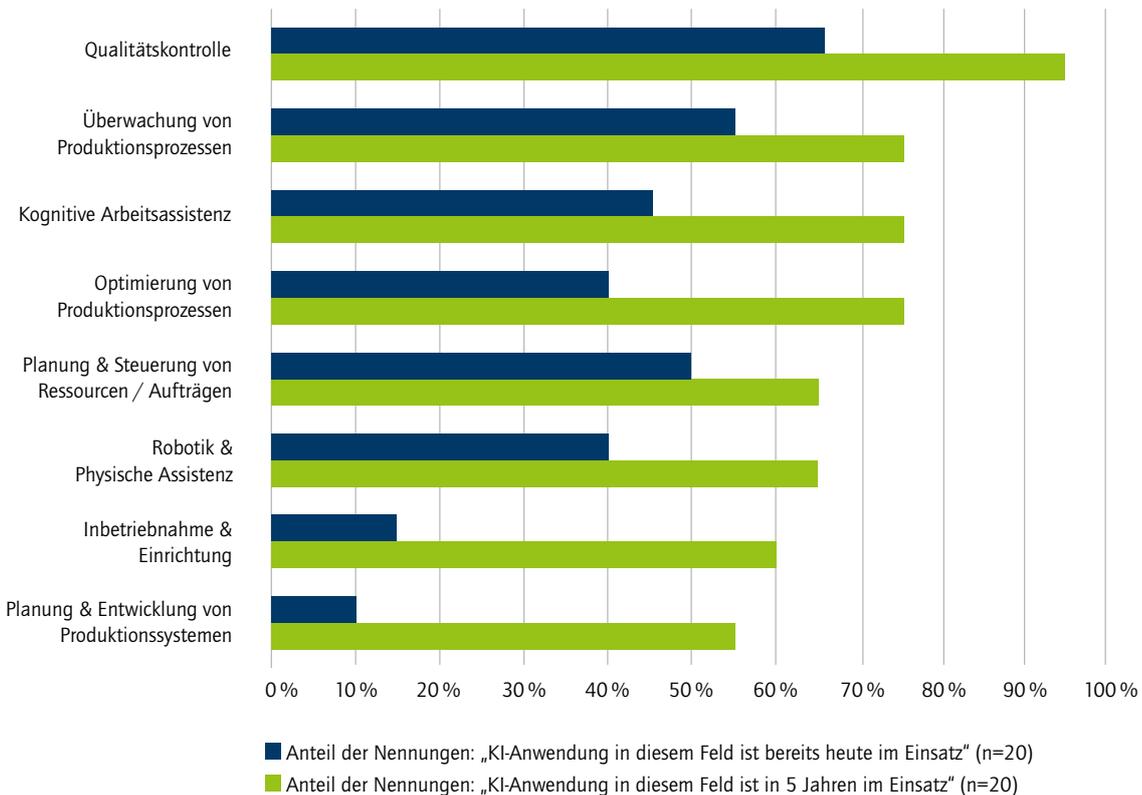
Es zeigte sich dabei ein deutlicher Unterschied in den Antworten der Fachleute in den Workshops und den Interviews. Der Anteil der Nennungen durch die Fachleute ist bei der Abfrage im Workshop bei allen Anwendungsfeldern deutlich höher als in den Interviews, was aufgrund der expliziten Vorgabe der Anwendungsfelder nicht überrascht. Die steigende Tendenz ist jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt. Besonders deutlich wird dies am heutigen Einsatz im Anwendungsfeld „Robotik & Physische Assistenz“. Hierzu wird in den Interviews kein Anwendungsfall genannt, im Workshop wird das Anwendungsfeld jedoch von 40 Prozent der Fachleute genannt.

Abbildung 14: Anwendungsfelder von KI im Produktionsumfeld gemäß der Zuordnung von Anwendungsfällen aus den Interviews



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 15: Anwendungsfelder von KI im Produktionsumfeld gemäß dem Anteil der Nennungen im Workshop



Quelle: eigene Darstellung

## Zunehmende Nutzung generativer Künstlicher Intelligenz

Zwar wurde in den Interviews nicht explizit nach dem Einsatz **generativer KI** gefragt, jedoch nannten neun der befragten Fachleute generative KI als Beispiel für den KI-Einsatz. So wird beispielsweise ChatGPT für die Erstellung von SQL-Abfragen genutzt. Kurz- bis mittelfristig sehen die befragten Fachleute große Potenziale in der generativen KI. Eine Schlüsselkompetenz dafür sei geschicktes Prompten. Konkret wurden zudem die Lösung von Planungs- und Wissensaufgaben oder die Erstellung von Software-Code genannt.



*„Schon kurzfristig werden die Mitarbeiter, die heute noch Source Code schreiben, diesen künftig schreiben lassen und nur noch Qualitätskontrolle und Überprüfung übernehmen.“*

\*Hinweis: Die so dargestellten Textpassagen sind Zitate der Fachleute aus den Interviews.

Aufgrund des produktiven Einsatzes generativer KI werden von den befragten Fachleuten erhebliche Veränderungen für den Arbeitsalltag erwartet, insbesondere auch für Ingenieursberufe sowie kreative Tätigkeiten. Im Unterschied zu bisherigen KI-Systemen sind Tools der generativen KI gut verfügbar und weisen niedrige Einstiegshürden auf. In der Praxis macht sich das insofern bemerkbar, als dass KI-Anwendungsfälle zunehmend Bottom-up initiiert werden. Bisherige Initiativen digitaler oder KI-basierter Anwendungen kamen eher Top-down aus dem höheren Management.

### 6.2. Chancen und Herausforderungen

Die Fachleute nannten zahlreiche Chancen, die durch die Einführung von KI entstehen, insbesondere eine verbesserte Datenanalyse sowie eine effizientere Nutzung von Ressourcen, weswegen KI auch einen Beitrag für Nachhaltigkeitsbestrebungen leisten kann.



*„Die größten Chancen liegen in der Generierung von Mehrwert aus der vorhandenen Datenkomplexität. Hierdurch können Prozesse und Lagerbestände optimiert werden. Zudem ermöglicht es eine Steigerung der Energieeffizienz und eine genauere Vorausschau.“*

Auch die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit, verringerte Kosten, Umsatzsteigerungen und Verbesserungen der Qualität können Folgen des Einsatzes von KI sein. Zudem könne KI ein Mittel sein, dem Fachkräftemangel zu begegnen und dazu beitragen, dass der Arbeits- und Gesundheitsschutz verbessert wird oder Arbeit attraktiver gestaltet wird, beispielsweise durch verbesserte Ergonomie, flexiblere Arbeitsgestaltung, kollaborative Robotik oder adaptive Assistenzsysteme. Weitere von den Fachleuten genannten Chancen finden sich in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Auf der anderen Seite gehen die Fachleute davon aus, dass zahlreiche Herausforderungen infolge der Einführung von KI auf die

Tabelle 1: Chancen durch Künstliche Intelligenz

Chancen in Bezug auf das Gesamtunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesteigerter Umsatz</li> <li>• Verringerte Kosten</li> <li>• Verbesserte Qualität</li> <li>• Einsparung von Zeit</li> <li>• Verbesserte Termintreue</li> <li>• Verbesserte Produktivität und Effizienz</li> <li>• Verbesserte Wettbewerbsfähigkeit</li> <li>• Standortsicherung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbessertes Wissensmanagement</li> <li>• Fachkräftemangel entgegenwirken</li> <li>• Unterstützung bei Entscheidungen</li> <li>• Datenanalysen &amp; Echtzeitauswertungen</li> <li>• Ressourcenschonung &amp; Beitrag zur Nachhaltigkeit</li> </ul>
Chancen in Bezug auf das Produktionsumfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivellierte Produktion</li> <li>• Reduzierte Lagerbestände</li> <li>• Verbesserte Maschinennutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung von Prozessketten</li> <li>• Kürzere Lieferketten</li> <li>• Reduzierter Ausschuss</li> </ul>
Chancen in Bezug auf die Mitarbeitenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Arbeitsbelastung</li> <li>• Verbesserter Arbeits- und Gesundheitsschutz</li> <li>• Abwechslungsreichere Arbeitsgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptive, individuell zugeschnittene Systeme</li> <li>• Verbesserung der Zufriedenheit</li> </ul>

Tabelle 2: Herausforderungen infolge der Einführung und des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz

Herausforderungen in Bezug auf die Technologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexität und Schnelligkeit der Technologien</li> <li>• Datengenerierung und -management</li> <li>• Datenschutz und IT-Sicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangelnde Transparenz und Nachvollziehbarkeit</li> <li>• Anlernen der Systeme</li> <li>• Fehleranfälligkeit der Systeme</li> </ul>
Herausforderungen in Bezug auf die Organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhängigkeit von Lösungen externer Anbieter</li> <li>• Integration in bestehende Prozesse</li> <li>• Fehlendes Fachwissen und Aufbau von Know-how</li> <li>• Unklarer rechtlicher und ethischer Rahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisation der KI-Einführung: Gap zwischen operativer und Management-Ebene</li> <li>• Wissensgefälle zwischen KI-Fachleute und Shopfloor-Mitarbeitenden</li> </ul>
Herausforderungen in Bezug auf die Mitarbeitenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akzeptanz durch die Mitarbeitenden</li> <li>• Angst vor Arbeitsplatzverlust</li> <li>• Verringerter Handlungsspielraum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhter Druck durch mehr Überwachung</li> <li>• Verringerte soziale Kontakte</li> <li>• Gestaltung der Mensch-KI-Zusammenarbeit</li> </ul>

Unternehmen zukommen. Diese finden sich in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt. Häufig nannten die Fachleute folgende Herausforderungen: qualitativ hochwertige Daten zu generieren, diese zusammenzuführen, Systeme entsprechend anzulernen und Daten in bestehende Prozesse zu integrieren. Ebenso werden jedoch auch mitarbeiterbezogene Herausforderungen wie ein verringerter Handlungsspielraum durch die Abhängigkeit von KI-Entscheidungen oder

die Gestaltung des optimalen Zusammenwirkens von Mensch und KI genannt.

### 6.3. Beschäftigungssegmente

Die Fachleute erwarten, dass sich **Jobprofile und Tätigkeiten** insbesondere in Funktionsbereichen und Jobprofilen der Logistik, Qualitätssicherung, Instandhaltung, Programmierung, Produktionsplanung, Mechatronik, Verwaltung (Administration und Management) als auch grundsätzlich auf dem Shopfloor verändern werden. Sie rechnen mit zunehmender Unterstützung durch KI in planenden und vorbereitenden Tätigkeiten, während sich die Mitarbeitenden zunehmend auf die nicht-organisatorischen Aufgaben konzentrieren. KI unterstützt so beispielsweise bei der Erstellung von Auswertungen, Statistiken und Key Performance Indicators. In Bezug auf kreative Tätigkeiten gehen die Meinungen der Fachleute auseinander: Einige Fachleute schätzen, dass diese bei den Mitarbeitenden verbleiben, während andere erwarten, dass auch diese zumindest teilweise durch KI substituiert werden.



*„Besser gefragt: Welche Bereiche ändern sich nicht? KI wird früher oder später überall die Finger im Spiel haben.“*

In den meisten Fällen gingen die Fachleute davon aus, dass nur Teilaspekte der jeweiligen Jobprofile substituiert werden. Sie äußerten jedoch auch, dass sich Schwerpunkte in Folge der KI-Einführung verlagern dürften. So gehen sie davon aus, dass Tätigkeiten

wie Überprüfungen oder Ergebniskontrollen in Zukunft mehr werden. Auch gänzlich neue bisher in der industriellen Arbeit kaum oder wenig benötigte Jobprofile würden stärker nachgefragt. So brauche es etwa Fachleute, die Data-Analytics-Plattformen aufbauen und betreuen könnten. Allen Jobprofilen ist gemein, dass die Beschäftigten zunehmend digitale Fähigkeiten besitzen und neuen digitalen Entwicklungen gegenüber aufgeschlossen sein sollten.



*„Ein Schweißer wird auch in Zukunft noch schweißen. [...] Aber alles, was so drum herum ist, planen, analysieren und so weiter, da glaube ich wird es die größten Veränderungen geben.“*

Eindeutige Schwerpunkte bei der Veränderung von Jobprofilen oder Beschäftigungssegmenten lassen sich aus den Aussagen nicht ableiten. Die Fachleute erwarten insgesamt eher viele kleine Veränderungen in allen Bereichen. Zwischen den Auswirkungen des KI-Einsatzes und den Auswirkungen der Digitalisierung differenziert der überwiegende Teil der Fachleute ebenfalls nicht explizit. Die Digitalisierung wird überwiegend als Grundvoraussetzung für den Einsatz von KI gesehen.

Grundsätzlich äußerten die Fachleute, dass es schwierig sei, die Veränderungen einzelner Beschäftigungssegmente, die sich durch KI ergeben werden, zu konkretisieren und im Detail zu beschreiben. Daher sind für die Workshops Personas erarbeitet worden, um mögliche Auswirkungen und Veränderungen von Jobprofilen vertiefend mit den Fachleuten zu diskutieren. Im folgenden Kapitel werden diese Jobprofile vorgestellt (vgl. Abschnitt 7.3).

## 7. Folgen für den Beschäftigteneinsatz

Anknüpfend an die zu erwartenden Veränderungen von Jobprofilen und Tätigkeiten werden in diesem Kapitel die Folgen für den Beschäftigteneinsatz vertieft. Hierzu wird in Abschnitt 7.1 zunächst auf die Mensch-KI-Interaktion und in Abschnitt 7.2 auf Einschätzungen zur Arbeitsgestaltung eingegangen. In Abschnitt 7.3 werden vier Jobprofile in Form von Personas vorgestellt, anhand derer die Fachleute die Auswirkungen des KI-Einsatzes in den Workshops diskutierten.

### 7.1. Mensch-KI-Interaktion

Derzeit sehen die Fachleute verschiedene **Interaktionsformen** zwischen Mensch und KI. Einige Formen zeichnen sich dadurch aus, dass KI Input für menschliche Handlungen oder Entscheidungen liefert. In anderen Fällen agieren KI-Systeme jedoch auch schon weitestgehend autonom. Der KI-Einsatz ist in den Augen der Fachleute insbesondere dort besonders gewinnbringend, wo KI Vorschläge für Handlungen generiert. Diese wägen die Nutzenden als Vorschläge gegeneinander ab und entscheiden sich dann eigenständig für eine Variante. KI dient in solchen Fällen der Unterstützung beziehungsweise der Entlastung des Menschen. Menschliche Kontroll- und Korrekturinstanzen sehen die befragten Fachleute durchweg als erforderlich. Die finale Entscheidungskompetenz liegt somit beim Menschen. Die Interaktion zwischen Mensch und KI sollte dabei möglichst mobil und unter Verwendung natürlicher Sprache erfolgen.



„Mein Traum wäre, Mensch und Maschine unterstützen sich und bilden ein perfektes Tandem. Dann wäre die Arbeitswelt in Zukunft deutlich besser.“

In Bezug auf die **Lernprozesse** erwarten die Fachleute wechselseitige Effekte. KI kann durch Rückmeldungen des Menschen lernen und angepasst werden, zum Beispiel auf Grundlage menschlichen Erfahrungswissens. Ebenso kann KI durch Beobachtung des Menschen lernen. KI kann jedoch auch menschliche Lernprozesse verbessern, zum Beispiel in Form einer individualisierten Gestaltung. Lernprozesse sollten aus Sicht der Fachleute dabei möglichst spielerisch gestaltet sein.



„Die Interaktion mit der KI muss so einfach sein wie mit einer App auf dem Handy.“

Im Hinblick auf mögliche **Vorbehalte** der Beschäftigten äußerten sich die befragten Fachleute unterschiedlich. Einige sagten, dass sie kaum Ängste oder Vorbehalte der Beschäftigten in den ihnen bekannten Unternehmen wahrgenommen haben. Andere hingegen berichten von spürbaren Ängsten der Beschäftigten bezüglich möglicher Arbeitsplatzverluste, Lohnneinbußen oder Abwertung der

eigenen Arbeit. Um Ängsten entgegenzuwirken, seien Transparenz, Beteiligung und Nachvollziehbarkeit geeignete Mittel.

### 7.2. Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung

Die befragten Fachleute sehen KI insbesondere als Unterstützung von planenden und vorbereitenden Aufgaben sowie teilweise auch von kreativen Aufgaben. Sie erwarten insgesamt viele kleine Veränderungen in allen Bereichen und nennen keine eindeutigen Schwerpunkte. In Abbildung 16 sind zukünftige Veränderungen aufgelistet, die die Fachleute in Bezug auf verschiedene Merkmale der Arbeitsgestaltung erwarten.

Die Fachleute gehen beispielsweise davon aus, dass KI zu einer erhöhten Effizienz und einem Wegfall von Routineaufgaben führen wird. Die Prognosen der Fachleute gehen jedoch auch in einigen Punkten auseinander. So gehen einige Fachleute davon aus, dass die Arbeitsbelastung aufgrund des Wegfalls sich wiederholender Aufgaben abnehmen wird. Andere glauben, dass die Arbeitsbelastung steigt, da einfachere Aufgaben wegfallen und es infolgedessen zu einer Verdichtung der Arbeit kommt. Grundsätzlich müssten die Entwicklungen individuell und fallabhängig betrachtet werden. Die Arbeitszufriedenheit hänge dabei von den spezifischen Arbeitsbedingungen ab. Die Kompetenzanforderungen müssten je nach Art der Tätigkeit unterschiedlich bewertet werden.

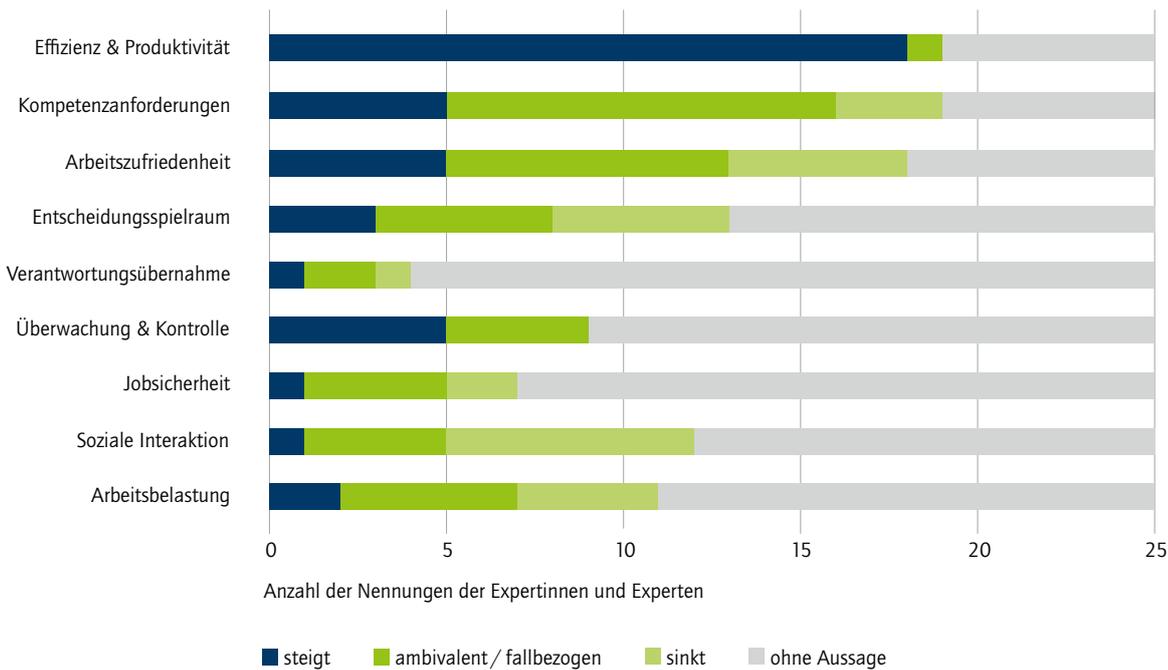
Wie schon erwähnt war es für die Fachleute schwer, die Auswirkungen des Einsatzes KI-basierter Systeme einzuschätzen. Daher wurden vertiefende Analysen mit konkreten Jobprofilen durchgeführt, um klarere Aussagen ableiten zu können. Diese werden im folgenden Abschnitt 7.3 behandelt.

### 7.3. Szenarien von Jobprofilen im Produktionsumfeld

Um den Einfluss des KI-Einsatzes auf die Aspekte verschiedener Tätigkeitsbereiche genauer einschätzen zu können, wurden vier Personas definiert, die im Folgenden aufgeführt sind. Jede Persona repräsentiert einen typischen Tätigkeitsbereich in der industriellen Arbeit.

Die Auswahl der betrachteten Jobprofile wurde basierend auf KI-Use-Cases und den Tätigkeitsbereichen getroffen, die von den Fachleuten in den Interviews genannt wurden. Außerdem ist bei der Auswahl der Jobprofile darauf geachtet worden, verschiedene Schwerpunkte hinsichtlich der Tätigkeitsarten abzudecken. Jobprofilen mit Schwerpunkten in manuellen als auch kognitiven Tätigkeiten sowie mit Schwerpunkten in Routine- als auch Nicht-Routine-Tätigkeiten sind berücksichtigt worden, um die Aufgabenvielfalt in der Produktion abzudecken (vgl. Abbildung 8). Beispielsweise deckt

Abbildung 16: Erwartete Folgen für den Beschäftigeneinsatz gemäß den Aussagen der Fachleute in den Interviews



Quelle: eigene Darstellung

die Persona der Produktionsplanerin vor allem kognitive Nicht-Routine-Tätigkeiten ab. Die Persona der Hilfskraft in der Montage deckt dagegen vor allem manuelle Routine-Tätigkeiten ab. Hierbei ist anzumerken, dass die Einordnung lediglich als Stoßrichtung anzusehen ist, in welchem Bereich des Spektrums der Großteil der Tätigkeiten einzuordnen ist. Tätigkeiten in einem anderen Bereich des Spektrums sind somit nicht ausgeschlossen, aber die Anteile unterscheiden sich zwischen den Personas.

In Workshops wurden die Tätigkeiten der Personas sowohl mit als auch ohne KI-Unterstützung betrachtet. Die Fachleute wurden gebeten, vorformulierte Thesen zu den Veränderungen verschiedener Aspekte der Arbeitsgestaltung zu bewerten. Diese Aspekte umfassen Effizienz und Produktivität, Kompetenzerfordernungen, Arbeitszufriedenheit, Entscheidungsfreiheit, Verantwortungsübernahme, Überwachung und Kontrolle, Jobsicherheit, soziale Interaktion sowie Arbeitsbelastung. Die Tätigkeiten, die jeweils eingeführten KI-Anwendungen und die Veränderungen der Arbeitsgestaltung sind in den einzelnen Jobprofilen aufgeführt.

Während der Diskussionen in den Workshops machten die Fachleute deutlich, dass sich aus den für die Tätigkeiten eingeführten KI-Anwendungen noch keine eindeutige Aussage über die Veränderung der Arbeitsgestaltung treffen lässt. Vielmehr halten sie die spezifische Gestaltung der KI-Systeme im betrieblichen Umfeld sowie die begleitenden Maßnahmen maßgeblich dafür, ob eher positive oder eher negative Auswirkungen auf die Arbeitssituation der Personas erwartet sind.

Um den unterschiedlichen Veränderungsmöglichkeiten der Arbeitsgestaltung durch KI gerecht zu werden, ist auf Grundlage der Diskussion mit den Fachleuten ein Best-Case-Szenario und ein Worst-Case-Szenario entwickelt worden. Diese sind jeweils aus Sicht der Mitarbeitenden formuliert. Mittels der Einschätzungen und Bewertungen der Fachleute aus dem Workshop ist abgeleitet worden, welches Szenario mit der höheren Wahrscheinlichkeit eintreten wird und welche Stellschrauben zum Erreichen des Best-Case-Szenarios relevant sind. Im Folgenden finden sich zunächst Beschreibungen der jeweiligen Jobprofile sowie mögliche Entwicklungsszenarien und Maßnahmen, die im Sinne einer positiver Entwicklung KI-gestützter Arbeit ergriffen werden sollten.

### 7.3.1. Jobprofil: Fachkraft für Lagerlogistik



Quelle: Generiert mit Midjourney

**Persona:** Serkan, 36 Jahre alt

**Kurzbeschreibung:**

- Warenannahme und -kontrolle
- Retourenmanagement
- Ein- und Auslagerung von Produkten
- Bedienung von Lagergeräten (zum Beispiel Stapler)
- Kommissionierung und Verpackung
- Durchführung von Inventuren
- Optimierung von Lagerprozessen
- Zusammenarbeit im Team
- Flexible Schichtarbeit
- Körperliche Belastbarkeit erforderlich

**Eingesetzte KI-Anwendungen:**

- Automatische Erfassung und Digitalisierung ankommender Sendungen per Wareneingangskamera
- Autonome Roboter zur Paletteneinlagerung mit automatischer Buchung im IT-System per Kamera-Tracking
- Interaktives IT-System mit Pick-by-voice-Unterstützung zur Zusammenstellung der Sendungen sowie weiteren Empfehlungen (zum Beispiel im Hinblick auf die beste Verpackungsart)
- Kollaborative Roboter als Unterstützung bei der Kommissionierung
- Intelligente Steuerung der Aufträge zur optimalen Auslastung von Serkan

Auf Grundlage der aufgeführten Tätigkeiten der Persona sowie der potenziell nutzbaren KI-Anwendungen haben die Fachleute in den Workshops Thesen in Hinblick auf mögliche Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung diskutiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 17 dargestellt. Im Anschluss wurden die Best-Case- und Worst-Case-Szenarios sowie Maßnahmen abgeleitet.

Abbildung 17: Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung

Merkmal der Arbeitsgestaltung	Effizienz & Produktivität	Kompetenzanforderungen	Arbeitszufriedenheit	Entscheidungsspielraum	Verantwortungsübernahme	Überwachung & Kontrolle	Jobsicherheit	Soziale Interaktion	Arbeitsbelastung
These	Steigt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Sinkt
Experteneinschätzung	Steigt	Sinkt	Sinkt*	Sinkt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Sinkt

\*In den gekennzeichneten Fällen wurde die Ablehnung der These zur Vereinfachung der Darstellung mit der gegensätzlichen Aussage gleichgesetzt.

■ steigt   ■ sinkt   ■ unentschiedenes Votum der Expertinnen und Experten

Quelle: eigene Darstellung

## Szenarien infolge der Veränderungen durch KI

Best Case	Worst Case
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilfe und Aufgabenübernahme bei der Warenannahme durch digitale Erfassung. Mitarbeiter kann sich um Kontrolle kümmern.</li> <li>• Autonome Roboter entlasten durch Übernahme körperlich anstrengender Tätigkeiten.</li> <li>• Die Monotonie im Arbeitsablauf reduziert sich durch interaktives IT-System.</li> <li>• Unterstützung bei der Verpackungsauswahl führt zu mehr Qualität und weniger gestressten Mitarbeitern.</li> <li>• Zuverlässige Bestandsführung und ein Gefühl der Kontrolle durch präzise und unterstützte Inventur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderung, mehr Informationen in kürzerer Zeit zu verarbeiten, führt zu erhöhtem Entscheidungsdruck und erfordert höhere Konzentration.</li> <li>• Geringe Interaktion mit Kolleginnen und Kollegen führt zu Verlust des Gemeinschaftsgefühls und wirkt sich negativ auf die Arbeitsmoral aus.</li> <li>• Wenig Raum für eigenständige Entscheidungen oder kreatives Denken durch strikte Vorgaben der IT-Systeme.</li> <li>• Technologiegestützte Inventur marginalisiert die Rolle der Mitarbeitenden und führt zu Gefühl der Entwertung der Fähigkeiten.</li> </ul>

### Tendenz der Fachleute: Eintritt des Worst-Case-Szenarios

- Das Best-Case-Szenario ist durch ein angenehmeres, ergonomischeres und produktiveres Arbeitsumfeld gekennzeichnet, das Worst-Case-Szenario durch eine verringerte Wertschätzung und stärkeren Arbeitsdruck. Die Fachleute halten den Eintritt des Worst-Case-Szenarios für wahrscheinlicher als den Eintritt des Best-Case-Szenarios.

### Maßnahmen zur verbesserten Gestaltung der KI-gestützten Arbeit

- Einbezug in Planung und Gestaltung des Arbeitsumfelds, um Akzeptanz, Interaktion sowie Entscheidungsspielräume zu erhöhen sowie Bedenken und Ängste zu erfassen
- Einführung von Abstimmungsrunden zum gezielten Informationsaustausch mit Kolleginnen und Kollegen, unter anderem mit Diskussion von Feedback und Verbesserungsvorschlägen der Mitarbeitenden an die Führungskräfte hinsichtlich der IT-Vorgaben sowie Prozessgestaltung
- Prüfung einer Erweiterung des Tätigkeitsprofils, etwa im Hinblick auf Prozessoptimierung und im Sinne kontinuierlicher Optimierung und operativer Exzellenz
- Weiterbildung für Mitarbeitende, um sie fit für den Umgang mit den vielen Informationen durch IT-Systeme zu machen und sie dazu zu befähigen, diese Systeme selbstständig zu verbessern

### 7.3.2. Jobprofil: SPS-Programmiererin



Quelle: Generiert mit Midjourney

**Persona:** Caroline, 45 Jahre alt

**Kurzbeschreibung:**

- SPS-Programmierung
- Fehleranalyse und -behebung
- Inbetriebnahme neuer Systeme
- Sicherheitsbewusstsein für Maschinenprogrammierung
- Effizienz in der Maschinenbedienung gewährleisten
- Dokumentation von Steuerungssystemen
- Technisches Verständnis für Steuerungssysteme
- Enge Zusammenarbeit mit der Produktion
- Schulung von Mitarbeitenden, die die Anlagen bedienen

**Eingesetzte KI-Anwendungen:**

- Automatisierte Generierung und Durchführung von Testprogrammen mit Ergebniskontrolle durch Caroline
- Generierung von SPS-Programmen per natürlicher Spracheingabe mit Modifizierung und Anpassung durch Caroline für spezifische Maschinen oder Anlagen
- KI-gestützte Zusammenfassung von Teammeetings mit automatischer Ableitung resultierender Aufgaben und Zuordnung zu Personen
- Automatisierte Erstellung technischer Dokumentationen sowie Handbüchern und Anleitungen auf Grundlage der SPS-Programme

Auf Grundlage der aufgeführten Tätigkeiten der Persona sowie der potenziell nutzbaren KI-Anwendungen haben die Fachleute in den Workshops Thesen in Hinblick auf mögliche Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung diskutiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 18 dargestellt. Im Anschluss wurden die Best-Case- und Worst-Case-Szenarios sowie Maßnahmen abgeleitet.

Abbildung 18: Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung

Merkmal der Arbeitsgestaltung	Effizienz & Produktivität	Kompetenzanforderungen	Arbeitszufriedenheit	Entscheidungsspielraum	Verantwortungsübernahme	Überwachung & Kontrolle	Jobsicherheit	Soziale Interaktion	Arbeitsbelastung
These	Steigt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Steigt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Sinkt
Experten-einschätzung	Steigt	Ambivalenz	Ambivalenz	Sinkt	Steigt	Steigt	Steigt*	Ambivalenz	Ambivalenz

\*In den gekennzeichneten Fällen wurde die Ablehnung der These zur Vereinfachung der Darstellung mit der gegensätzlichen Aussage gleichgesetzt.

■ steigt   ■ sinkt   ■ unentschiedenes Votum der Expertinnen und Experten

Quelle: eigene Darstellung

## Szenarien infolge der Veränderungen durch KI

Best Case	Worst Case
<ul style="list-style-type: none"> <li>• KI-Systeme steigern Effizienz und ermöglichen das Erfüllen komplexer Aufgaben mit geringerem zeitlichem Aufwand.</li> <li>• Die Einführung von KI erhöht ihre Job-sicherheit und erfordert höhere fachliche Qualifikationen für die Überwachung von KI-Programmen.</li> <li>• Caroline verantwortet eine größere Bandbreite von Programmen und erfährt eine zunehmende Wertschätzung für ihre Arbeit.</li> <li>• Die KI-Einführung erlaubt Caroline, mehr Zeit für anspruchsvolle Tätigkeiten aufzuwenden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Überprüfung KI-generierter SPS-Programme überfordert Caroline aufgrund der Komplexität und Vielzahl der Programme. Zusätzlich belastet sie ihre große Verantwortung.</li> <li>• Caroline fehlen die gewohnten „einfachen“ Programmierarbeiten.</li> <li>• Die zahlreichen Freigabeprozesse erhöhen die Arbeitsbelastung und eigener kreativer Freiraum fehlt.</li> <li>• Ein Gefühl der Überwachung entsteht aufgrund der Protokollierung aller Entscheidungen.</li> </ul>

### Tendenz der Fachleute: ambivalent

- Das Best-Case-Szenario ist durch gestiegene Effizienz und eine erhöhte Wertschätzung gekennzeichnet, das Worst-Case-Szenario durch eine erhöhte Arbeitsbelastung sowie verringerte Arbeitszufriedenheit. Dabei gehen die Einschätzungen der Fachleute im Hinblick auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten der beiden Szenarien auseinander und lassen sich nicht zusammenfassen.

### Maßnahmen zur verbesserten Gestaltung der KI-gestützten Arbeit

- Vermeidung von alleiniger Verantwortung durch Vier-Augen-Prinzip und eine Zusammenarbeit von jeweils zwei Mitarbeitenden (Paarprogrammierung)
- Gemeinsame Festlegung von Grenzen für automatisiert erstellte Programme, sodass ein Einsatz in besonders kritischen Bereichen nicht zulässig ist
- Vermeidung einer eintönigen Tätigkeit durch Erweiterung der Aufgabenbereiche
- Weiterbildung, um für die Übernahme neuer Tätigkeiten wie Kontrolle und Fehlersuche bei SPS-Programmen zu qualifizieren und um charakteristische Schwächen von KI auszugleichen

### 7.3.3. Jobprofil: Produktionsplanerin



Quelle: Generiert mit Midjourney

**Persona:** Stefanie, 35 Jahre alt

**Kurzbeschreibung:**

- Produktionsplanung und -verwaltung
- Koordination von Arbeitsabläufen und Produktionsprozessen
- Kommunikation mit verschiedenen Abteilungen, um die reibungslose Produktion sicherzustellen
- Planung von Fertigungsaufträgen, Personal und Anlagen
- Optimierung von Maschinenauslastung und Produktionskapazitäten
- Kontinuierliche Optimierung der Produktionsprozesse sowie Erstellung von Berichten und Analysen zur Leistungsüberwachung und -verbesserung
- Identifizierung und Behebung von Engpässen und Störungen in der Fertigung
- Sicherstellen der Einhaltung von Fertigungsterminen
- Nutzung von Planungs- und Managementsoftware

**Eingesetzte KI-Anwendungen:**

- Automatisierte Vorschlagsgenerierung für die Produktionsplanung und mit Möglichkeit zur Vornahme von Änderungen durch Stefanie
- Predictive-Analytics-Lösung zur Vorhersage von Engpässen (beispielsweise Verzögerungen von Lieferungen oder interne mangelnde Kapazitäten)
- Chatbots zur automatisierten Beantwortung häufig gestellter Fragen
- Intelligente Meeting-Tools mit Transkription und automatisierter systemseitiger Aufnahme der besprochenen Planungen

Auf Grundlage der aufgeführten Tätigkeiten der Persona sowie der potenziell nutzbaren KI-Anwendungen haben die Fachleute in den Workshops Thesen in Hinblick auf mögliche Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung diskutiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 19 dargestellt. Im Anschluss wurden die Best-Case- und Worst-Case-Szenarios sowie Maßnahmen abgeleitet.

**Abbildung 19: Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung**

Merkmal der Arbeitsgestaltung	Effizienz & Produktivität	Kompetenzanforderungen	Arbeitszufriedenheit	Entscheidungsspielraum	Verantwortungsübernahme	Überwachung & Kontrolle	Jobsicherheit	Soziale Interaktion	Arbeitsbelastung
These	Steigt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Steigt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Steigt
Experteneinschätzung	Steigt	Steigt*	Steigt	Steigt*	Steigt	Steigt	Steigt*	Steigt*	Steigt

\*In den gekennzeichneten Fällen wurde die Ablehnung der These zur Vereinfachung der Darstellung mit der gegensätzlichen Aussage gleichgesetzt.

■ steigt   ■ sinkt   ■ unentschiedenes Votum der Expertinnen und Experten

Quelle: eigene Darstellung

## Szenarien infolge der Veränderungen durch KI

Best Case	Worst Case
<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitszufriedenheit steigt durch Automatisierung repetitiver Aufgaben und Unterstützung bei komplexeren Aufgaben.</li> <li>Bessere Datengrundlage und automatisierte Vorschlagsgenerierung erleichtern Entscheidungen. Belastungen aufgrund von Zweifeln an den eigenen Entscheidungen verringern sich.</li> <li>Informationsbereitstellung für alle Beschäftigten schafft Transparenz und führt dazu, dass Stefanie weniger Rückfragen beantworten muss.</li> <li>KI-Unterstützung fördert Stefanies Handlungsspielraum, ihr Gesamtverständnis für die Materie und schafft weitere berufliche Perspektiven.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufgrund der Teilautomatisierung werden Stefanie weitere Aufgaben zugewiesen, was zu einer Verdichtung der Arbeit und höherer Arbeitsintensität führt.</li> <li>Mangelnde Datengrundlage verhindert effiziente KI-Unterstützung.</li> <li>Zunahme der Überwachung und Kontrolle führt zu erhöhtem Arbeitsdruck.</li> <li>Aufgrund der verstärkten Technologiefokussierung und Kommunikation mit KI-Systemen kommt es zu einer Abnahme sozialer Interaktionen und das Arbeitsklima verschlechtert sich.</li> </ul>

### Tendenz der Fachleute: Eintritt des Best-Case-Szenarios

- Das Best-Case-Szenario ist durch eine erhöhte Arbeitszufriedenheit, erweiterte Entscheidungsspielräume sowie eine hohe Jobsicherheit gekennzeichnet. Das Worst-Case-Szenario ist durch erhöhten Arbeitsdruck und geringere soziale Interaktion gekennzeichnet. Die Fachleute halten den Eintritt des Best-Case-Szenarios für wahrscheinlicher als den Eintritt des Worst-Case-Szenarios.

### Maßnahmen zur verbesserten Gestaltung der KI-gestützten Arbeit

- Aufzeigen und gemeinsame Definition von eindeutigen Grenzen der KI mit finaler Entscheidungshoheit beim Menschen
- Einplanen von Arbeitszeit zur Überprüfung und Anpassung der KI-generierten Vorschläge, Zuweisung weiterer Aufgaben begrenzen
- Persönliche Austauschrunden (beispielsweise zu Schichtbeginn) beibehalten, um Teamgefühl und soziale Interaktionen zu verbessern
- Einführung erforderlicher neuer Formen der Gesundheitsprävention infolge zunehmender Flexibilität und Verdichtung sowie fließender Grenzen von Virtualität und Realität

### 7.3.4. Jobprofil: Hilfskraft in der Montage



Quelle: Generiert mit Midjourney

**Persona:** Thomas, 58 Jahre alt

**Kurzbeschreibung:**

- Präzise Montagearbeit nach Anweisungen
- Umgang mit schweren Produkten und Werkzeugen
- Effiziente Kommunikation und Abstimmung im Team
- Beitrag zur Qualitätssicherung während der Produktion
- Behebung von Mängeln in Zwischen- und Endkontrollen
- Ordnungsgemäße Verpackung der Produkte
- Vorbereitung der Arbeitsstation
- Arbeit im Schichtbetrieb
- Hohe körperliche Belastung im Arbeitsalltag

**Eingesetzte KI-Anwendungen:**

- Automatische Aufgabenübersicht zu Schichtbeginn mithilfe eines mobilen Geräts oder Bildschirms
- KI-System zur Leistungsbewertung der Schicht und Vorschlagsgenerierung für kommende Schicht
- Automatisiertes Feedback und Verbesserungsvorschläge der letzten Schicht mithilfe eines mobilen Geräts oder Bildschirms
- Cobots zur Unterstützung einzelner Montageschritte, autonome Roboter in vor- oder nachgelagerten Tätigkeiten wie Intralogistik oder Verpackung
- KI-gestützte Qualitätsprüfung mit Quittierung durch Thomas
- Adaptive Assistenzsysteme führen Thomas durch neue Aufgaben

Auf Grundlage der aufgeführten Tätigkeiten der Persona sowie der potenziell nutzbaren KI-Anwendungen haben die Fachleute in den Workshops Thesen in Hinblick auf mögliche Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung diskutiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 20 dargestellt. Im Anschluss wurden die Best-Case- und Worst-Case-Szenarios sowie Maßnahmen abgeleitet.

**Abbildung 20: Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung**

Merkmal der Arbeitsgestaltung	Effizienz & Produktivität	Kompetenzanforderungen	Arbeitszufriedenheit	Entscheidungsspielraum	Verantwortungsübernahme	Überwachung & Kontrolle	Jobsicherheit	Soziale Interaktion	Arbeitsbelastung
These	Steigt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Sinkt
Experten-einschätzung	Steigt	Steigt*	Sinkt*	Sinkt	Sinkt	Steigt	Sinkt	Sinkt	Sinkt

\*In den gekennzeichneten Fällen wurde die Ablehnung der These zur Vereinfachung der Darstellung mit der gegensätzlichen Aussage gleichgesetzt.

■ steigt   ■ sinkt   ■ unentschiedenes Votum der Expertinnen und Experten

Quelle: eigene Darstellung

## Szenarien infolge der Veränderungen durch KI

Best Case	Worst Case
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologische Hilfsmittel bieten detaillierte Anleitungen und unterstützen bei neuen Aufgaben oder anderen Produktvarianten.</li> <li>• Physische Entlastung durch den Einsatz von Maschinen und Robotern.</li> <li>• Abwechslungsreiche Arbeitsgestaltung durch intelligente Planung und Mix aus ausführenden und überwachenden Tätigkeiten.</li> <li>• Steigende Kompetenzerfordernungen aufgrund des Umgangs mit neuen Technologien werten die Arbeit auf und eröffnen Möglichkeiten zur beruflichen Weiterentwicklung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit neuen digitalen Technologien sorgt für ein Gefühl der Überforderung und das Abarbeiten der Arbeitsanweisungen verringert Spielräume für selbstbestimmtes Handeln, weshalb die Arbeitszufriedenheit sinkt.</li> <li>• Reduzierte soziale Interaktion führt zu sozialer Isolation und beeinflusst das Arbeitsklima negativ.</li> <li>• Aufgabenplanung durch ein KI-gestütztes System erzeugt ein Gefühl der Fremdbestimmung.</li> <li>• Sorge um Jobsicherheit wächst aufgrund zunehmender Automatisierung und eines allgemein geringeren Bedarfs an Hilfskräften.</li> </ul>

### Tendenz der Fachleute: Eintritt des Worst-Case-Szenarios

- Das Best-Case-Szenario ist durch gestiegene Effizienz, physische Entlastung sowie eine verbesserte Einarbeitung gekennzeichnet. Das Worst-Case-Szenario zeichnet sich durch verringerte Arbeitszufriedenheit, soziale Isolation und höhere Jobunsicherheit aus. Die Fachleute halten den Eintritt des Worst-Case-Szenarios für wahrscheinlicher als den Eintritt des Best-Case-Szenarios.

### Maßnahmen zur verbesserten Gestaltung der KI-gestützten Arbeit

- Einbezug der Mitarbeitenden bei der Gestaltung der KI-basierten Systeme, um vorhandenes Wissen in den Transformationsprozess integrieren zu können
- Persönlichen Austausch zwischen Mitarbeitenden und Führungskräften sicherstellen, um in dem Zuge Entscheidungen des intelligenten Planungssystems zu überprüfen und bei Bedarf zu korrigieren
- Mitarbeitenden die Möglichkeit für Feedback bieten, welches durch die Führungskraft oder direkt das intelligente Planungssystem berücksichtigt wird
- Individuelle Nutzung der Assistenzsysteme ermöglichen (etwa die Entscheidung über Nutzung nach Einarbeitungsphase freistellen oder bei erfahrenen Personen nur kritische Schritte unterstützen)

### 7.3.5. Übergreifende Betrachtung der Jobprofile

In Abbildung 21 finden sich die Veränderungen der Arbeitsgestaltung zusammenfassend dargestellt, die die Fachleute erwarten. Auffallend ist, dass sie sowohl für die Bereiche Effizienz und Produktivität als auch für Überwachung und Kontrolle über alle Jobprofile hinweg einen Anstieg erwarten. Die Entwicklung der übrigen Bedarfe hingegen schätzen sie abhängig vom jeweiligen Jobprofil unterschiedlich ein.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsgestaltung bei den einzelnen Personas weisen einige Gemeinsamkeiten auf. Wenn beispielsweise eine unvollständige Substitution, das heißt Automatisierungslücken (vgl. Abschnitt 4.2), zu eintönigen Jobprofilen oder verdichteter Arbeit führt, kann geprüft werden, ob der Aufgaben-

bereich erweitert wird. Auch Weiterbildungen für den Umgang mit KI-gestützten Systemen und deren Grenzen können sinnvoll sein, wobei im Sinne einer passgenauen Qualifizierung zunächst gezielt die neuen Kompetenzanforderungen identifiziert werden sollten. Zudem sollten Möglichkeiten für persönlichen Austausch und persönliches Feedback weiterhin gegeben sein. Auch ist es ratsam, die Mitarbeitenden in die Veränderungsprozesse einzubeziehen. Das kann die Akzeptanz für den Transformationsprozess zu erhöhen. Außerdem kann Erfahrungswissen der Mitarbeitenden für die Gestaltung genutzt werden. Aufgrund der Schwierigkeit, zukünftige Entwicklungen der Jobprofile zu prognostizieren, empfiehlt sich eine differenzierte Betrachtung und ganzheitliche Gestaltung des Transformationsprozesses, um bestmögliche Ergebnisse im Sinne eines Best-Case-Szenarios zu erreichen.

Abbildung 21: Zusammenfassende Tendenz der Veränderung der Arbeitsgestaltung bei den betrachteten Personas

Merkmal der Arbeitsgestaltung	Persona: SPS-Programmiererin	Persona: Fachkraft für Lagerlogistik	Persona: Produktionsplanerin	Persona: Hilfskraft in der Montage
Effizienz & Produktivität	Steigt	Steigt	Steigt	Steigt
Kompetenzanforderungen	Ambivalent	Sinkt	Steigt*	Steigt*
Arbeitszufriedenheit	Ambivalent	Sinkt*	Steigt	Sinkt*
Entscheidungsspielraum	Sinkt	Sinkt	Steigt*	Sinkt
Verantwortungsübernahme	Steigt	Sinkt	Steigt	Sinkt
Überwachung & Kontrolle	Steigt	Steigt	Steigt	Steigt
Jobsicherheit	Steigt*	Sinkt	Steigt*	Sinkt
Soziale Interaktion	Ambivalent	Sinkt	Steigt*	Sinkt
Arbeitsbelastung	Ambivalent	Sinkt	Steigt	Sinkt

\*In den gekennzeichneten Fällen wurde die Ablehnung der These zur Vereinfachung der Darstellung mit der gegensätzlichen Aussage gleichgesetzt. Beispiel bei der Persona Produktionsplanerin:

- These: Jobsicherheit sinkt
- Ablehnung der These durch die Expertinnen und Experten
- Aussage in dieser Tabelle: Jobsicherheit steigt

■ steigt   ■ sinkt   ■ unentschiedenes Votum der Expertinnen und Experten

# 8. Gestaltungsansätze und Entwicklungsperspektiven

Im folgenden Kapitel werden in Abschnitt 8.1 zunächst Entwicklungsperspektiven für den Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) in der industriellen Arbeit beschrieben. In Abschnitt 8.2 werden Gestaltungsoptionen und Maßnahmen vorgestellt, die in Interviews und Workshops identifiziert wurden und die den Unternehmen Orientierung und einen Rahmen bei der Einführung und Nutzung von KI geben können. In Abschnitt 8.3 werden Rahmenbedingungen und Unterstützungsangebote für KI-basierte industrielle Arbeit diskutiert. In Abschnitt 8.4 werden schließlich weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarfe beschrieben.

## 8.1. Entwicklungsperspektiven

Wie zu erwarten wurde sowohl in den Interviews als auch in den Workshops deutlich, dass das Gestaltungsfeld von KI in der industriellen Arbeitswelt komplex und vielschichtig ist. In der Untersuchung müssen drei Elemente und deren Zusammenspiel stets berücksichtigt werden: die Inhalte der jeweiligen Tätigkeit, die Ausgestaltung des konkreten KI-Use-Cases sowie das gesamte Arbeitsumfeld. Aufgrund der grundsätzlichen Komplexität der Materie lassen sich keine eindeutigen und generellen Aussagen formulieren, in welche Richtung sich die Arbeitswelt in Zukunft durch KI entwickeln wird. Die zukünftige Entwicklung ist je nach Tätigkeitsprofil individuell zu betrachten und hängt stark davon ab, wie KI-basierte Systeme in Organisationen eingeführt und genutzt werden.

Um der Notwendigkeit, die Entwicklungen individuell zu betrachten, gerecht zu werden, wurden in den Workshops erneut die Personas herangezogen. Gemäß des Klassifikationsrahmens für Arbeitstätigkeiten (vgl. Abbildung 8) bilden die Personas verschiedene Spektren ab. Die Personas der Fachkraft für Logistik und des Montagehelfers sind den manuellen Tätigkeiten zuzuordnen. Bei der Fachkraft für Logistik überwiegen dabei eher Nicht-Routine-Tätigkeiten, beim Montagehelfer eher Routine-Tätigkeiten. SPS-Programmiererin und Produktionsplanerin sind den kognitiven Aufgaben zuzuordnen, wobei die SPS-Programmierung eher im Bereich der Routine und die Produktionsplanung eher im Bereich der Nicht-Routine verortet ist. In Bezug auf die Unterscheidung ist zu ergänzen, dass bei allen Personas weitere Tätigkeitsarten vorkommen können, die Anteile aber unterschiedlich ausgeprägt sind (vgl. Abschnitt 7.3). Gemäß der Entwicklungsszenarien von HIRSCH-KREINSEN ET. AL. (2016) (vgl. Abschnitt 5.4) kann die Einführung von digitalen Technologien zu drei möglichen Ausprägungen industrieller Arbeit führen: einer Substitution von Arbeit, einer Polarisierung von Arbeit oder dem Upgrading von Arbeit.<sup>71</sup> Die Entwicklung von KI-gestützter Arbeit wurde auf Basis der Ergebnisse aus den Inter-

views sowie Workshops analysiert und auf die drei Szenarien industrieller Arbeit übertragen.

### Upgrading von Arbeit

KI-gestützte Systeme können bestimmte Tätigkeiten beschleunigen oder überhaupt erst ermöglichen. Das ist etwa der Fall, wenn KI eine Assistenzfunktion für die Menschen einnimmt und sie dazu befähigt, bestimmte Tätigkeiten durchzuführen. In einigen Fällen führt das dazu, dass die Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeitenden sinken. Ein Beispiel, das in den Interviews und Workshops diskutiert wurde, ist das Programmieren, zum Beispiel von Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Jüngste Entwicklungen zeigen, dass zunehmend auch Menschen ohne spezifische Kenntnisse einer bestimmten Programmiersprache Programmcodes erstellen können, indem sie das Problem in natürlicher Sprache beschreiben und ein KI-gestütztes System wie ChatGPT einen Programmcode zur Lösung des Problems generiert. Die Fachleute schätzen dennoch eine Aufwertung der Persona der SPS-Programmiererin als möglich ein, weil die Bandbreite der Tätigkeiten sowie der Verantwortungsbereich steigen wird. Statt der Erstellung von Programmcode wird zukünftig jedoch eher die Überwachung und Optimierung der Programme im Fokus stehen. Wie in Abschnitt 7.3.5 gezeigt wurde, wird neben der Persona der SPS-Programmiererin gemäß der Diskussion der Fachleute im Workshop insbesondere die Persona der Produktionsplanerin tendenziell in ihren Tätigkeiten aufgewertet und kann deswegen diesem Szenario zugeordnet werden.

### Substitution von Arbeit

Es besteht die Möglichkeit, dass bestimmte Tätigkeiten in Zukunft vollständig durch den Einsatz von KI automatisiert werden können. Ein häufig genanntes Beispiel ist die Qualitätskontrolle von produzierten Bauteilen, die in vielen Unternehmen bereits im Einsatz ist. Fortschritte im Bereich der Robotik ermöglichen außerdem zunehmend auch die Durchführung manueller Tätigkeiten durch Roboter oder Cobots. Betrachtet man nun die vorgestellten Personas, ist festzustellen, dass alle Tätigkeiten von einer partiellen Substitution betroffen sein werden. Die Fachleute erwarten jedoch, dass kurz- bis mittelfristig nur bestimmte Aufgaben aus dem Tätigkeitsbereich dieser Berufe betroffen sein werden. So werden beispielsweise Montagetätigkeiten mit hoher erforderlicher Feinfühligkeit oder Tätigkeiten in engen Bauräumen vorerst nur schwierig substituiert werden können. Ebenso wird beim oben genannten Beispiel der SPS-Programmierung die Erstellung von Programmcode nicht autonom erfolgen, sondern der Mensch wird den gewünschten Pro-

71 Vgl. Hirsch-Kreinsen et al. 2016.

grammcode zunächst in natürlicher Sprache beschreiben sowie die Funktionen des generierten Programmcodes überprüfen.

### Polarisierung von Arbeit

Betrachtet man die beiden aufgezeigten Szenarien der Substitution von Arbeit sowie des Upgradings von Arbeit zusammen, würden die Jobprofile der Produktionsplanerin sowie der SPS-Programmiererin tendenziell aufgewertet, die Jobprofile des Montagehelfers sowie der Fachkraft für Lagerlogistik tendenziell abgewertet (vgl. Abbildung 22). Somit scheint insbesondere ein Wegfall vieler Berufsgruppen mittleren Qualifikationsniveaus möglich. Die Abwertung der Personas des Montagehelfers sowie der Fachkraft für Logistik entstehen dabei einerseits durch die partielle Substitution. Diese Substitution ist allerdings wie bereits beschrieben begrenzt, weil sich bestimmte manuelle Tätigkeiten weiterhin nicht oder nur schwer beziehungsweise nicht wirtschaftlich automatisieren lassen. Zusätzlich führt aber auch ein verringerter Entscheidungsspielraum, ein verstärktes Gefühl der Fremdbestimmung sowie eine verringerte soziale Interaktion infolge der KI-Einführung zu einer Abwertung der Tätigkeiten (vgl. Abschnitt 7.3).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass nach Einschätzung der Fachleute eine Abwertung insbesondere bei einem hohen Anteil von manuellen Tätigkeiten sowie Routinetätigkeiten zu erwarten ist. Bei den Nicht-Routinetätigkeiten hingegen erwarten die Fachleute eher eine Aufwertung mit erweiterten Verantwortlichkeiten. Inwieweit dies Auswirkungen auf die unterschiedlichen Job-

profile hat, hängt maßgeblich von der Ausgestaltung durch die Unternehmen ab. Aus Sicht der Beschäftigten wäre das Entwicklungsszenario „Upgrading“ anzustreben. Unternehmen müssen sich vor diesem Hintergrund die Frage stellen, ob und wie eine Entwicklung entsprechend diesem Szenario ermöglicht werden kann. Im folgenden Abschnitt werden Maßnahmen und Gestaltungsoptionen für eine humanzentrierte KI-Gestaltung vorgestellt.

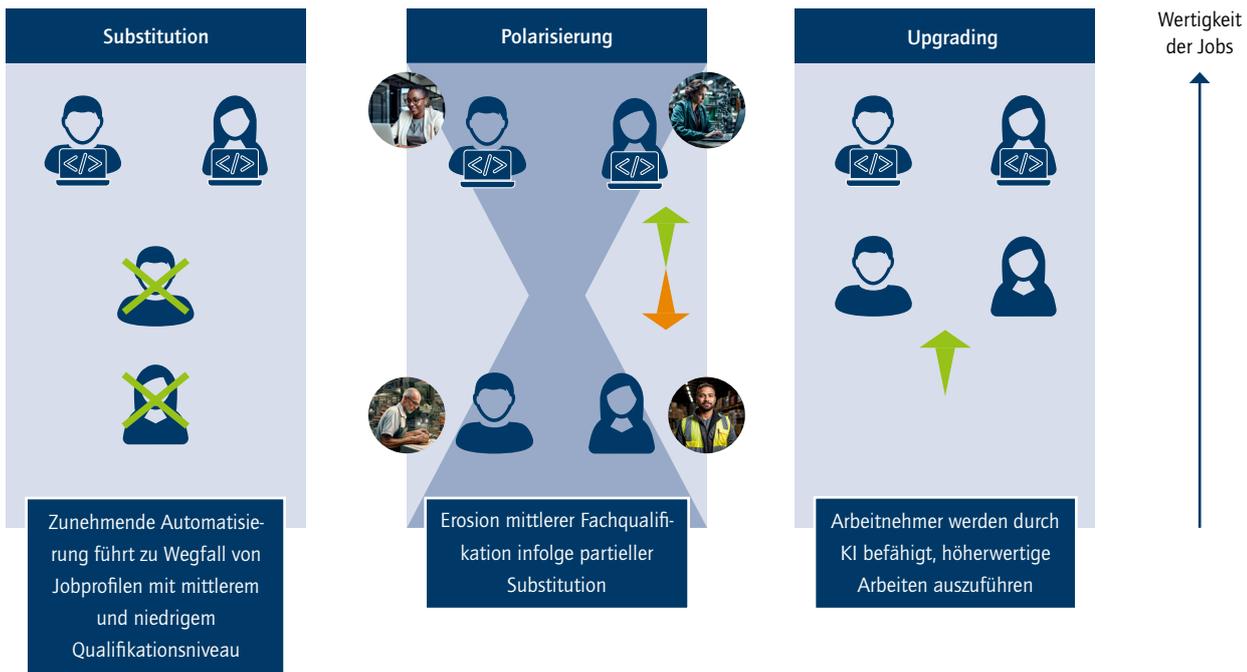
### 8.2. Maßnahmen und Gestaltungsoptionen

Auf Basis der drei Entwicklungsperspektiven KI-gestützter Arbeit sowie der Ergebnisse aus den Interviews und Workshops können Maßnahmen und Gestaltungsoptionen im Sinne einer humanzentrierten Systemgestaltung abgeleitet werden. Die in den Interviews von den Fachleuten genannten Maßnahmen für die KI-Einführung können den in Abbildung 23 dargestellten Handlungsfeldern zugeordnet werden und sind im Folgenden erläutert.

#### KI-Strategie

Unternehmen erreichen mit der KI-Einführung die nächste Stufe der Digitalisierung. Dabei ist die Digitalisierung – zum Beispiel in Form von digitalen Datenbeständen – die Grundvoraussetzung. Darauf basierend schafft der Einsatz von KI Mehrwert, beispielsweise wenn aus den Daten Nutzen gezogen wird. Die überwiegende Mehrheit der interviewten Fachleute weist der KI in der industriellen Arbeit eine hohe strategische Bedeutung zu. Demgegenüber steht in den

Abbildung 22: Entwicklungsszenarien KI-gestützter Arbeit



Quelle: eigene Darstellung angelehnt an Hirsch-Kreinsen et al.<sup>72</sup>

72 | Vgl. Hirsch-Kreinsen et al. 2016.

Abbildung 23: Handlungsfelder auf Grundlage der Einschätzungen der Fachleute



Quelle: eigene Darstellung

meisten Unternehmen jedoch der tatsächliche strategische Umgang mit dem Thema. Nur eines der beteiligten Unternehmen verfügt über eine dedizierte KI-Strategie. Einige haben das Thema KI beispielsweise in der Digitalisierungsstrategie verankert. Der Großteil der Unternehmen verfügt über keine dedizierte KI-Strategie, erprobt aber KI, sammelt Erfahrungen und versucht, Potenziale, die die KI birgt, für sich zu identifizieren. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen aus den Interviews und den Workshops, in denen herausgearbeitet wurde, dass das Thema KI in der industriellen Arbeit in die Unternehmensstrategie eingebettet werden sollte. Dabei sei es den Aussagen der Fachleute zufolge nicht zwingend erforderlich, KI als eigene Säule innerhalb der gesamten Unternehmensstrategie zu betrachten. Genauso sei es möglich, dass KI als Teilbereich der Digitalisierung verstanden und behandelt wird. Sowohl die technologischen Perspektiven als auch die Auswirkungen auf die Arbeitswelt sollten aus Sicht der befragten Fachleute von der Unternehmensführung verstanden werden, um das Feld aktiv gestalten zu können und die eigene Wettbewerbsfähigkeit nicht zu verlieren.



„Top-Management und operative Basis müssen stärker verlinkt sein. [...] Wenn das in zwei Welten stattfindet, tut man sich immer bei einem ganzheitlichen Management schwer. Ich sag mal horizontal wie vertikal im besseren Austausch.“

## Organisation der KI-Einführung

Die KI-Einführung sollte nach Ansicht der befragten Fachleute von einer eigenen Organisationseinheit – je nach Größe des Unternehmens eine Stabsstelle oder eigene Abteilung – koordiniert werden, um sowohl Bottom-up-Ideen einzusammeln als auch Top-down eine übergreifende Koordination zu gewährleisten. In diesen Entscheidungsprozess sollten sowohl die verantwortlichen, operativ tätigen Personen, die über Fachkenntnisse verfügen, als auch das leitende Management beziehungsweise die Geschäftsführung eingebunden werden. Bei der Einführung sei es sowohl wichtig, eine Strategie systematisch zu entwickeln und zu verfolgen, als auch gewisse Vorhaben einfach einmal schnell und unbürokratisch auszuprobieren,

um mit der aktuellen Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung Schritt halten zu können.



„Im ersten Schritt sollte man klein anfangen und die Lösung sauber evaluieren. Im zweiten Schritt sollte man die Lösung in einem möglichst anderen Umfeld nochmals ausprobieren. Danach kann der große Roll-out erfolgen.“

## Mitgestaltung

Bei der Einführung von KI-gestützten Systemen in Unternehmen sind nicht allein die technischen Herausforderungen relevant. Vor allem spielt auch die Einbindung der betroffenen Mitarbeitenden eine große Rolle. Diejenigen Unternehmen, die bereits KI-Anwendungen im Einsatz haben, haben bei Einführung nach eigenen Angaben frühzeitig die betroffenen Mitarbeitenden in den Prozess eingebunden. Diese Einbeziehung von Beginn an trägt einerseits dazu bei, Akzeptanz zu schaffen. Vor allem aber schafft dies die Voraussetzung dafür, Fachwissen und Erfahrung der Mitarbeitenden in der Konzeptionierung und Umsetzung des Use Cases zu nutzen. Unternehmen sollten daher bereits vor der Konzeptionierung geeigneter KI-Lösungen für einen Use Case mit den beteiligten Mitarbeitenden sprechen.



„Wenn wir es schaffen, die Kolleginnen und Kollegen in die Lage zu versetzen, diese Änderungen selbst mitzugestalten, dann hat man relativ gute Aussichten, dass man auf eine hohe Akzeptanz stößt.“

## Daten

Die Datengrundlage und -qualität spielen, abhängig von dem konkreten Anwendungsfall, ebenfalls eine entscheidende Rolle. Ohne eine solide Datengrundlage können KI-Systeme ihre Potenziale nicht voll entfalten. Daher ist es wichtig, dass Unternehmen in die Erfassung und Pflege qualitativ hochwertiger Daten investieren. Aus den Interviews geht hervor, dass insbesondere diejenigen Unternehmen einen Vorsprung bei der Einführung und Nutzung von

KI-Lösungen haben, die in den vergangenen Jahren das Thema Digitalisierung vorangetrieben haben.



*„Der Aufwand für Datensammlung, -aufbereitung, -pflege, und andere Tätigkeiten macht ein Vielfaches dessen aus, was man gegenwärtig für die eigentlichen informationstechnischen Anwendungen aufbringen muss.“*

## Prozesse

Vor der Einführung von KI-Technologien ist es entscheidend, bestehende Prozesse genau zu analysieren, zu bewerten und gegebenenfalls zu optimieren. Dabei sollte untersucht werden, welche Prozessschritte von KI-Systemen übernommen werden können und wo menschliche Expertise unverzichtbar bleibt, beziehungsweise gewünscht ist. Dies erfordert ein genaues Verständnis der Prozessabläufe und der damit verbundenen Arbeitsaufgaben. Gleichzeitig gilt, dass nicht jede Prozessverbesserung durch Digitalisierung oder KI-Systeme erzielt werden kann. Unternehmen sollten vor diesem Hintergrund ihre Prozesse transparent machen und bewerten, welche Prozessschritte bereits heute und perspektivisch in Zukunft automatisiert werden können und welche Änderungen sich für die beteiligten Mitarbeitenden ergeben.



*„Die Prozesse sollten durch KI verschlankt und vereinfacht werden, wodurch die gesamte Organisation an Effizienz gewinnen sollte.“*

## Zusammenarbeit und Kultur

Unternehmen benötigen eine geeignete Kultur und neue Formen der Zusammenarbeit. Das Auflösen von Silos ist wichtig, um Daten bereichsübergreifend zusammenzuführen und unter Mitwirkung verschiedener Disziplinen und Domänen neue Erkenntnisse zu gewinnen. Experimentierfreudigkeit und eine konstruktive Fehlerkultur sind erforderlich, um Erfahrungen mit KI zu sammeln und daraus für die Einführung in der Breite zu lernen. Unternehmen können zusätzlich interne Werte und Umgangsformen erarbeiten und etablieren, um Grenzen von KI-basierten Entscheidungen zu verdeutlichen.



*„Wir brauchen interdisziplinäre Zusammenarbeit, um mit den Daten richtig umgehen zu können.“*

## Sensibilisierung und Transparenz

Sowohl in den Interviews als auch in den Workshops wurde deutlich, dass die Sensibilisierung der Beschäftigten entscheidend für eine erfolgreiche Einführung von KI-Systemen ist. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor dabei ist, die Potenziale des einzuführenden Systems klar darzustellen, also einen nachvollziehbaren Mehrwert aufzuzeigen, der durch Einführung und Nutzung von KI entsteht. Es sollte

klar kommuniziert werden, wenn ein von Mitarbeitenden genutztes System auf Basis von KI funktioniert oder wenn der Mitarbeiter durch KI generierte Inhalte übermittelt bekommt. Ebenso sollte bei KI-Anwendungen möglichst klar herausgestellt werden, wie KI-Entscheidungen zustande kommen und warum bestimmte Prozesse verändert werden. Es ist dafür gute interne Kommunikation vonnöten, um keine falschen Erwartungen hervorzurufen, also weder unrealistische Arbeiterleichterungen in Aussicht zu stellen noch Ängste zu schüren.



*„Wichtig ist, dass für die KI-Einführung in der Breite sensibilisiert wird, dass sie entlang der gesamten Organisation aufgehoben wird und nicht nur in der IT beispielsweise.“*

## Interne Kompetenzen

Abhängig von den umzusetzenden Use Cases ist eine Schulung von Mitarbeitenden erforderlich. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Schulungsmaßnahmen zur Vermittlung von grundlegendem KI-Verständnis und solchen, die für Anwenderinnen und Anwender ganz konkreter Use Cases notwendig sind. Unternehmen sollten den aktuellen und den zukünftig erforderlichen Kompetenzumfang der Mitarbeitenden frühzeitig identifizieren und auf dieser Basis Schulungsmaßnahmen einplanen. Möglichst alle Mitarbeitenden sollten über ein Grundverständnis von KI verfügen, beispielsweise hinsichtlich möglicher Fehler und Grenzen von KI. Um Erfahrungen zu sammeln und eigene Kompetenzen aufzubauen, empfiehlt sich, sich an Pilotanwendungen zu beteiligen, auch wenn für die Umsetzung in der Breite eher auf externe am Markt verfügbare Lösungen zurückgegriffen werden sollte.



*„Unternehmen sollten sich nicht zu sehr auf Dienstleister verlassen, sondern auch selbst KI-Expertise aufbauen.“*

## Externe Kompetenzen

Fachleute betonen häufig, dass die KI-Entwicklung nicht zur Kernkompetenz produzierender Unternehmen zählt. Externe Beratungsunternehmen oder Forschungspartner können als Impulsgeber fungieren und beim Aufbau unternehmenseigener KI-Expertise unterstützen. Es gibt unzählige Unterstützungsangebote zum Beispiel in Form von Projektförderungen oder Transfergutscheinen, über die vor allem kleine und mittlere Unternehmen in Kooperation mit Forschungspartnern neue Lösungen entwickeln und umsetzen können. Am Markt verfügbare Standard-Anwendungen können zur besseren Skalierbarkeit von Lösungen beitragen.



*„Die erste Frage, die sich viele Unternehmen stellen, ist diese Make-or-buy-Entscheidung. Im besten Fall kann man eine fertige Lösung, also beispielsweise ein Inspektionssystem, fertig einkaufen und hat wenig eigenen Entwicklungsaufwand.“*

### 8.3. Rahmenbedingungen und Unterstützungsangebote

Hinsichtlich politischer Rahmenbedingungen äußern die Fachleute einerseits den Wunsch nach einem klar definierten (datenschutz-) rechtlichen Rahmen. Der derzeit diskutierte AI-Act der europäischen Union ist in diesem Zusammenhang mehrfach genannt worden. Andererseits haben sie Sorge, dass ein zu strikter rechtlicher Rahmen Entwicklungen ausbremsen und damit eine wettbewerbsschädigende Wirkung entfachen könnte. Als weitere die KI-Einführung unterstützende politische Maßnahmen nannten sie außerdem: Einstiegshürden senken, Bürokratie abbauen, in entsprechende Bildung investieren, und ethische Aspekte klären. Insgesamt messen sie dem Thema eine hohe gesellschaftliche Relevanz bei – insbesondere weil sie im Einsatz von KI einen möglichen Lösungsansatz sehen, dem Fachkräftemangel zu begegnen und den Hochlohnstandort Deutschland zu erhalten.



*„Der EU-AI-Act muss zügig kommen, damit Rahmenbedingungen geschaffen sind – insbesondere hinsichtlich generativer AI.“*

Die Rolle von Arbeitnehmervertretungen bewerten die Fachleute unterschiedlich. Teilweise sehen sie sie als Rahmengerber und Treiber von Entwicklungen, teilweise auch als Bremse. In der Mehrheit messen die Fachleute den Betriebsräten und Gewerkschaften als Kontrollinstanzen und Vermittler aber eine große Bedeutung bei. Aus ihrer Sicht ist es daher wichtig, Betriebsräte als wertschöpfende Partner zu begreifen, sie möglichst früh in den Prozess einzubeziehen und sie aktiv dabei zu unterstützen, die Interessen der Beschäftigten zu bündeln und zu artikulieren.



*„Sozialpartner und Gewerkschaften nehmen eine ganz wichtige Rolle ein, weil sie die Stimme der Mitarbeitenden repräsentieren.“*

In externen Unterstützungsangeboten durch Beratungsunternehmen oder Forschungspartner sehen die Fachleute einen Mehrwert. Externe Kompetenzträger können wichtige Impulse geben und dazu beitragen, unternehmenseigene Expertise aufzubauen. Die Fachleute bemängeln jedoch, dass vorhandene Angebote und Vernetzungsmöglichkeiten übersichtlicher und zugänglicher sein sollten.



*„Die Übersetzung in der Programmierung und natürlich auch Change-Prozesse müssen qualifiziert begleitet werden. Das geht nicht von selbst.“*

### 8.4. Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Die befragten Fachleute haben verschiedene Forschungs- und Entwicklungsbedarfe hervorgehoben, die aus ihrer Sicht für eine Implementierung von KI-Systemen entscheidend sind. Viele Fachleute äußerten, dass Theorie und Praxis besser verzahnt werden sollten. Es sei von hoher Relevanz, dass Erkenntnisse aus der Forschung effzi-

enter und effektiver in die Unternehmenspraxis übertragen werden. Dazu gehören nicht nur die neuesten technologischen Entwicklungen, sondern auch Best Practices und Leitfäden zur Implementierung und zum Betrieb von KI-Systemen in verschiedenen Arbeitsumgebungen.



*„Gefühlt ist die Lücke groß zwischen dem, was entwickelt wurde, und dem, was in der Praxis eingesetzt wird. Also ich sehe Entwicklungsbedarf in der Praxistauglichkeit [...]. Die erste KI an den Start zu kriegen, das dauert noch zu lange.“*

Auch in der Frage, wie Mitarbeitende am besten für den Umgang mit KI-Systemen befähigt werden, sehen die Fachleute erhöhten Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Mitarbeitende müssten nicht nur technisch geschult werden, um mit KI-Systemen effektiv zu interagieren, sie benötigten auch ein grundlegendes Verständnis für die Arbeitsweise und Grenzen dieser Systeme. Dies erfordert neuartige Schulungs- und Weiterbildungskonzepte, die sowohl technische Fähigkeiten als auch ein kritisches Bewusstsein für die ethischen und sozialen Implikationen von KI adressieren.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit ist ein weiterer Bereich, in dem die Fachleute Entwicklungsbedarf sehen. Die erfolgreiche Integration von KI in Arbeitsprozesse erfordert das Zusammenspiel verschiedener Disziplinen, darunter Informatik, Ingenieurwesen, Sozialwissenschaften und Ethik. Die Entwicklung effektiver KI-Lösungen erfordert ein umfassendes Verständnis der technischen Möglichkeiten sowie der sozialen, ethischen und rechtlichen Rahmenbedingungen.

Im Bereich Datenschutz und Datensicherheit besteht aus Sicht einiger Fachleute weiterer Forschungsbedarf, um sicherzustellen, dass KI-Systeme personenbezogene Daten schützen und die Privatsphäre der Nutzenden wahren. Dies umfasst sowohl technische Lösungen zur Datensicherheit als auch rechtliche und ethische Richtlinien für den Umgang mit sensiblen Daten. Darüber hinaus ist der Schutz geistigen Eigentums des Unternehmens sowie der Kunden sicherzustellen, beispielsweise für die Nutzung von Large-Language-Modellen.



*„Auf gesellschaftlichem Level haben wir einen großen Bedarf bei dem Thema Datenschutz und Datensicherheit. Auch bei Forschung zum Transfer Learning besteht großer Bedarf, weil man damit ein Modell breit anwendbar macht.“*

Aus Sicht einiger Fachleute mangelt es außerdem an einheitlichen Definitionen beziehungsweise an einem gemeinsamen Verständnis von KI in der industriellen Arbeit. Aktuell existieren verschiedene Interpretationen und Definitionen von KI, die von rein technischen bis hin zu umfassenden soziotechnischen Ansätzen reichen. Ein einheitliches Verständnis ist entscheidend, um eine konsistente Herangehensweise an die Entwicklung, Implementierung und Regulierung von KI-Systemen zu gewährleisten. Dies beinhaltet nicht nur eine klare Definition dessen, was KI eigentlich ist, sondern auch ein

gemeinsames Verständnis der ethischen, sozialen und rechtlichen Implikationen, die mit ihrem Einsatz verbunden sind.

Ein weiterer Bereich, in dem die Fachleute Bedarf sehen, ist KI besser zu erklären. Da KI-Entscheidungsprozesse oft komplex und für Nicht-Fachleute nicht unmittelbar nachvollziehbar sind, besteht ein dringender Bedarf an Forschung, um die Transparenz und Nachvollziehbarkeit von KI-Entscheidungen zu verbessern. Dies ist entscheidend, um Vertrauen in KI-Systeme aufzubauen und die Akzeptanz der Nutzenden zu fördern.



*„Ein großes Problem bei Machine-Learning-Ansätzen ist die Nachvollziehbarkeit oder Erklärbarkeit.“*

Außerdem sehen die Fachleute Forschungs- und Entwicklungsbedarf in der Frage, wie Diskriminierung durch KI-Systeme verhindert werden kann. Die eingesetzten KI-Systeme müssten über Mechanismen verfügen, die sicherstellen, dass KI-Entscheidungen frei von Vorurteilen sind und Gleichbehandlung gewährleisten. Das ermöglichen Algorithmen, die auf Fairness und ethischen Prinzipien basieren.

Das vorgestellte Konzept einer komplementären Arbeitsgestaltung (vgl. Abschnitt 4.2) wird durch die Aussagen der Fachleute bestätigt, die hierin einen großen Nutzen sehen. Hier bedarf es weiterer Forschung und Pilotprojekte, wie dies konkret ausgestaltet werden kann. Das Ziel müsse sein, KI den Bedürfnissen der Menschen entsprechend zu entwickeln und nicht Automatisierungslücken mit dem Menschen als Anhängsel der Technik zu schaffen.

## 9. Fazit und Ausblick

Die vorliegende Expertise stellt eine umfassende Untersuchung des aktuellen und zukünftigen Einflusses der Künstlichen Intelligenz (KI) auf die industrielle Arbeit dar. Auf Basis einer systematischen Analyse bestehend aus Literaturrecherche, qualitativen Interviews und interaktiven Workshops mit Fachleuten wurden vielschichtige Perspektiven aufgezeigt, die das Potenzial von KI in der Industrie 4.0 verdeutlichen.

Das Design der Studie bringt jedoch auch Einschränkungen mit sich. Die Stichprobe ist mit insgesamt 25 Fachleuten in den Interviews sowie 20 Fachleuten in den Workshops verhältnismäßig gering. Es bietet sich daher an, die Erkenntnisse, die in den qualitativen Befragungen gewonnen wurden, in weiteren quantitativen Studien mit größerer Stichprobe zu untersuchen. Außerdem können die Worst-Case- und Best-Case-Szenarios sowie die daraus abgeleiteten Maßnahmen für die jeweiligen Jobprofile mittels der Personas in weiteren Studien überprüft werden. Denn darin sind teilweise Interpretationen der Autoren eingeflossen.

Die Studie bekräftigt die Annahme, dass KI-Anwendungen das Potenzial haben, die industrielle Produktion grundlegend zu transformieren. Unternehmen stehen daher nun vor der Herausforderung, die technologischen Entwicklungen mit den Bedürfnissen und Fähigkeiten ihrer Belegschaft in Einklang zu bringen. Die Integration von KI in industrielle Arbeitsprozesse eröffnet große Chancen für Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung. Um dies überhaupt zu ermöglichen, sind jedoch umfassende Weiterbildungen notwendig, die den Kompetenzen der Mitarbeitenden und den zukünftigen Anforderungen entsprechend gestaltet sind. Zudem birgt die Integration auch Risiken wie etwa die Entwertung traditioneller Fähigkeiten. Außerdem besteht die Gefahr einer zunehmenden Polarisierung, also dass höher qualifizierte Tätigkeiten weiter aufgewertet werden, während andere abgewertet werden.

Ein gleichwertiges Zusammenspiel, in dem sich die Fähigkeiten von Mensch und KI komplementär ergänzen, halten die befragten Fachleute für besonders erstrebenswert. Um dies zu ermöglichen, bedarf es einer ganzheitlichen, interdisziplinären Gestaltung, bei der ein komplexes Zusammenspiel verschiedener KI-Anwendungen, Merkmale und Ausprägungen der Arbeitsgestaltung sowie möglicher Maßnahmen zu berücksichtigen ist. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass dies eine humanzentrierte Gestaltung von KI-Systemen, eine klare strategische Ausrichtung im Unternehmen, ein tiefes Verständnis für die technologischen Möglichkeiten und Grenzen sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Stakeholdern erfordert. Für den erfolgreichen Einsatz von KI und deren Akzeptanz unter den Mitarbeitenden in der industriellen Arbeit sind vor allem folgende Faktoren entscheidend: Die Mitarbeitenden sollten frühzeitig eingebunden werden und für den Umgang mit den KI-Systemen befähigt werden. Außerdem sollten Unternehmen entsprechende Informationskanäle schaffen und transparent und verständlich über KI-Systeme kommunizieren. Schließlich sollte eine geeignete Innovationskultur etabliert werden.

Zukünftig wird es darauf ankommen, die Dynamik der technologischen Entwicklung mit einer nachhaltigen und menschenzentrierten Arbeitsgestaltung zu verknüpfen. In Anbetracht der rasanten Entwicklung im Bereich der KI und der Generativen KI ist es von entscheidender Bedeutung, dass Unternehmen proaktiv handeln, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Gleichzeitig müssen sie ein Arbeitsumfeld schaffen, das sowohl technologischen als auch menschlichen und sozialen Anforderungen gerecht wird. Diese Expertise soll Orientierung für dahin gehende zukunftsorientierte Entscheidungen bieten sowie ein Impuls sein für die notwendige gesellschaftliche Debatte rund um KI in der industriellen Arbeit.

# 10. Anhang

## 10.1. Tabellen

Tabelle 1:	Chancen durch Künstliche Intelligenz	22
Tabelle 2:	Herausforderungen infolge der Einführung und des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz	22

## 10.2. Abbildungen

Abbildung 1:	Einblick in die industrielle Arbeit von morgen	4
Abbildung 2:	Übersicht des methodischen Vorgehens bei der Erstellung der Expertise	6
Abbildung 3:	Charakteristika der Unternehmen, in denen die befragten Fachleute arbeiten	7
Abbildung 4:	Charakteristika der Teilnehmenden der beiden Workshops	8
Abbildung 5:	Vier Entwicklungsstufen der Künstlichen Intelligenz	10
Abbildung 6:	Arten der generativen KI	11
Abbildung 7:	Elemente eines Arbeitssystems	12
Abbildung 8:	Klassifikation von Arbeitstätigkeiten	13
Abbildung 9:	Funktionale Sicht auf die Komplementarität von Mensch und KI	14
Abbildung 10:	Anwendungsfelder von KI-Use-Cases	17
Abbildung 11:	Kriterien zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion im Arbeitskontext	18
Abbildung 12:	Übersicht der erarbeiteten Szenarien für KI-basierte Arbeitswelten 2030	19
Abbildung 13:	Einsatz von KI im Produktionsumfeld	20
Abbildung 14:	Anwendungsfelder von KI im Produktionsumfeld gemäß der Zuordnung von Anwendungsfällen aus den Interviews	21
Abbildung 15:	Anwendungsfelder von KI im Produktionsumfeld gemäß dem Anteil der Nennungen im Workshop	21
Abbildung 16:	Erwartete Folgen für den Beschäftigteneinsatz gemäß den Aussagen der Fachleute in den Interviews	25
Abbildung 17:	Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung	26
Abbildung 18:	Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung	28
Abbildung 19:	Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung	30
Abbildung 20:	Einschätzung der Fachleute zur Arbeitsgestaltung	32
Abbildung 21:	Zusammenfassende Tendenz der Veränderung der Arbeitsgestaltung bei den betrachteten Personas	34
Abbildung 22:	Entwicklungsszenarien KI-gestützter Arbeit	36
Abbildung 23:	Handlungsfelder auf Grundlage der Einschätzungen der Fachleute	37

## 10.3. Beteiligte Experten

**Maik Klotzbach**, K+S Minerals and Agriculture GmbH

**Frank Konopka**, Siemens Healthineers AG

**Frank Kuntze**, Kuntze Instruments GmbH

**Stefan Petritsch**, AVL GmbH

**Dr. Thorsten Pieper**, Körber Pharma GmbH

**Dr. Jan Siegers**, Scheidt & Bachmann GmbH

**Anonym**, Messtechnik

# Literatur

## acatech 2018

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Qualitätskriterien in den Technikwissenschaften. Empfehlungen zur Bewertung von wissenschaftlichem Erfolg* (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2018. URL: <https://www.acatech.de/publikation/qualitaetskriterien-in-den-technikwissenschaften-empfehlungen-zur-bewertung-von-wissenschaftlichem-erfolg/> [Stand: 12.04.2024].

## Autor et al. 2003

Autor, D.H./Levy, F./ Murnane, R.J.: "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration". In: *The Quarterly Journal of Economics*, 118: 4, 2003, S. 1279-1333.

## Balamurugan et al. 2019

Balamurugan, E./Flaih, L.R./Yuvaraj, D./Sangeetha, K./Jayanthiladevi, A./Senthil Kumar, T.: "Use Case of Artificial Intelligence in Machine Learning Manufacturing 4.0". In: *International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)*, 2019, S. 656-659.

## Bansmann 2021

Bansmann, M.: *Systematik zur Gestaltung digitalisierter Arbeitswelten in produzierenden Unternehmen*, Paderborn: 2021.

## Bitkom/DFKI 2017

Bitkom e. V. - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V./Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH: *Künstliche Intelligenz – Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung*, 2017. URL: [www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/FirstSpirit-1496912702488Bitkom-DFKI-Positionspapier-Digital-Gipfel-AI-und-Entscheidungen-13062017-2.pdf](http://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/FirstSpirit-1496912702488Bitkom-DFKI-Positionspapier-Digital-Gipfel-AI-und-Entscheidungen-13062017-2.pdf) [Stand: 15.04.2024].

## Bitkom 2018

Bitkom e. V. - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.: *Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz*. URL: [www.bitkom.org/sites/main/files/2018-12/181204\\_LF\\_Periodensystem\\_online\\_0.pdf](http://www.bitkom.org/sites/main/files/2018-12/181204_LF_Periodensystem_online_0.pdf) [Stand: 15.04.2024]

## BMWi 2019

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): *Technologieszenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“*, Berlin, 2019.

## Bogner et al. 2014

Bogner, A./ Littig, B./ Menz, W.: *Interviews mit Experten – Eine praxisorientierte Einführung*, Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2014.

## Botthof et al. 2015

Botthof, A./ Hartmann, E. A.: *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*, Heidelberg: Springer Berlin, 2015.

## Bowman 2023

Bowman, S. R.: *Eight Things to Know about Large Language Models*, 2023. URL: <http://arxiv.org/pdf/2304.00612.pdf> [Stand: 15.04.2024]

## Brown et al. 2020

Brown, T.B./Mann, B./ Ryder, N./ Subbiah, M./Kaplan, J./ Dhariwal, P./Neelakantan, A./Shyam, P./Sastry, G./Askell, A./Agarwal, S./Herbert-Voss, A./Krueger, G./Henighan, T./Child, R./Ramesh, A./Ziegler, D.M./Wu, J./Winter, C./Hesse, C./Chen, M./Sigler, E./Litwin, M./Gray, S./Chess, B./Clark, J./Berner, C./McCandlish, S./Radford, A./Sutskever, I./Amodei, D.: *Language Models are Few-Shot Learners*, 2020. URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.14165.pdf> [Stand: 15.04.2024]

## Bruun et al. 2018

Bruun, E./ Alban, D.: "Artificial Intelligence, Jobs and the Future of Work: Racing with the Machines". In: *Basic Income Studies*, 132, 2018, S. 1-15.

## Bürki 2000

Bürki, R.: „Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus“. *Ostschweizerischen Geographischen Gesellschaft*, 2000.

## Conceptboard Cloud Service GmbH 2023

Conceptboard Cloud Service GmbH  
Conceptboard 2023: *Die beste Verbindung für Dein Team*. URL: <https://conceptboard.com/de/> [Stand: 16.04.2024].

## Dell'Acqua et al. 2023

Dell'Acqua, F./ McFowland, E./ Mollick, E. R./ Lifshitz-Assaf, H./ Kellogg, K./ Rajendran, S./ Kraye, L./ Candelon, F./ Lakhani, K. R.: *Navigating the Jagged Technological Frontier: Field Experimental Evidence of the Effects of AI on Knowledge Worker Productivity and Quality*, SSRN Electronic Journal 2023.

## DIN 2019

Deutsches Institut für Normung (DIN). *DIN EN ISO 9241-210*. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion\_Teil\_210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO\_9241-210: 2019); Deutsche Fassung EN\_ISO\_9241-210:2019, 2019. URL: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/naerg/veroeffentlichungen/wdc-beuth.din21:289443385> [Stand: 16.04.2019].

**DIN/DKE 2022**

DIN e.V./ DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik:  
*Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz (Ausgabe 2)*, 2018.  
 URL: <https://www.din.de/resource/blob/891106/57b7d46a1d2514a1-83a6ad2de89782ab/deutsche-normungsroadmap-kuenstliche-intelligenzausgabe-2-data.pdf> [Stand: 16.04.2024].

**Fahle et al. 2020**

Fahle, S./ Prinz, C./ Kuhlenkötter, B.:  
 „Systematic review on machine learning (ML) methods for manufacturing processes – Identifying artificial intelligence (AI) methods for field application“. In: *Procedia CIRP*, 93, 2020, S. 413–418.

**Flick 2003**

Flick, U.:  
 „Qualitative Sozialforschung – Stand der Dinge“. In: Orth, B./ Schwietring, T./ Weiß, J. (Hrsg.): *Soziologische Forschung: Stand und Perspektiven*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2003, S. 309–321.

**Flick 2021**

Flick, U.:  
*Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. Völlig überarbeitete Neuauflage*, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag 2021.

**Flick et al. 2000**

Flick, U./ Kardorff, E. von/ Steinke, I.:  
*Qualitative Forschung – Ein Handbuch*, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag 2000.

**Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech 2021**

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech (Hrsg.):  
*Leitfaden zur Expertise KI zur Umsetzung von Industrie 4.0*, 2021. URL: <https://www.acatech.de/publikation/fb4-0-ki-in-kmu/> [Stand: 16.04.2024].

**Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech 2022**

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech (Hrsg.):  
 Themenfelder Industrie 4.0 – *Forschungs- und Entwicklungsbedarfe für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0*, 2022.

**Fraunhofer 2018**

Fraunhofer:  
*Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung*, 2018. URL: [https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer\\_Studie\\_ML\\_201809.pdf](https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer_Studie_ML_201809.pdf) [Stand: 16.04.2024].

**Fraunhofer 2019b**

Fraunhofer (Hrsg.):  
*Einsatzfelder von Künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld. Kurzstudie im Rahmen von „100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg“*, 2019. URL: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/2e6e3f38-faf9-44f4-93f3-81d9458e6dc6/details> [Stand: 16.04.2024].

**Fraunhofer IAO 2019a**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (Hrsg.):  
*Künstliche Intelligenz in der Unternehmenspraxis*. URL: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/Odd40c4f9c68-4fbc-ba56-e4743834805d/content> [Stand: 29.01.2024]

**Fraunhofer IAO 2023**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (Hrsg.):  
*Einfluss der künstlichen Intelligenz auf Arbeitstätigkeiten und Berufsbilder. Kurzstudie für das Handelsblatt*, 2023. URL: [publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/fe05f100-ae82-451f-b908-8e5e57551768/content](https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/fe05f100-ae82-451f-b908-8e5e57551768/content) [Stand: 15.04.2024].

**Fraunhofer IAO/SmartAIwork 2019**

Fraunhofer IAO/SmartAIwork:  
*Szenario-Report: KI-basierte Arbeitswelten 2030*, 2019. URL: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/53bf1ef6-856a-404b-bf3c-cb27a8d63425/details> [Stand: 16.04.2024].

**Frey et al. 2017**

Frey, C. B./ Osborne, M. A.:  
 „The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?“ In: *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 2017, S. 254–280.

**Gausemeier et al. 2014**

Gausemeier, J./ Plass, C.:  
*Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*, München: Carl Hanser Verlag 2014.

**Georgieva 2024**

Georgieva, K.:  
*AI Will Transform the Global Economy. Let's Make Sure It Benefits Humanity*, 2024. URL: <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity> [Stand: 22.01.2024].

**Gläser et al. 2012**

Gläser, J./ Laudel, G.:  
*Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2012.

**Gozalo-Brizuela et al. 2023**

Gozalo-Brizuela, R./ Garrido-Merchán, E. C.:  
*A survey of Generative AI Applications*. URL: <https://arxiv.org/pdf/2306.02781.pdf> [Stand: 29.01.2024].

**Hatzius et al. 2024**

Hatzius, J./ Briggs, J./ Kodnani, D.:  
*The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic*, 2023. URL: <https://www.gspublishing.com/content/research/en/reports/2023/03/27/d64e052b-0f6e-45d7-967b-d7be35fabd16.html> [Stand: 09.01.2024].

**Hirsch-Kreinsen et al. 2016**

Hirsch-Kreinsen, H./ ten Hompel, M./ Ittermann, P./ Niehaus, N./ Dregger, J.:  
*Social Manufacturing and Logistics – Konturen eines Leitbildes digitaler Industriearbeit*, 2016.

**Huchler 2022**

Huchler, N.:  
 Komplementäre Arbeitsgestaltung. Grundrisse eines Konzepts zur Humanisierung der Arbeit mit KI. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 762, 2022, S. 158–175.

**Jarrahi 2018**

Jarrahi, M. H.:  
Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. In: *Business Horizons*, 614, 2018, S. 577-586.

**McKinsey & Company 2017**

McKinsey & Company (Hrsg.):  
*A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity*, 2017  
URL: [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/mgi-a-future-that-works\\_full-report.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/mgi-a-future-that-works_full-report.pdf)  
[Stand: 16.04.2024]

**Mays et al. 2020**

Mays, A./Dingelstedt, A./Hambauer, V./Schlosser, S./Berens, F./Leibold, J./Höhne, J. K.:  
*Grundlagen – Methoden – Anwendungen in den Sozialwissenschaften*, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020.

**Mockenhaupt 2021**

Mockenhaupt, A.:  
*Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion. Grundlagen und Anwendung*, Wiesbaden: Springer Vieweg 2021.

**Papenkordt et al. 2022**

Papenkordt, J./Gabriel, S./Thommes, K./Dumitrescu, R.:  
*Künstliche Intelligenz in der industriellen Arbeitswelt. Studie zum Status Quo in der Region OstWestfalenLippe*, 2022. URL: [https://arbeitswelt.plus/wp-content/uploads/2022/09/Kuenstliche-Intelligenz-in-der-industriellen-Arbeitswelt\\_Studie-zum-Status-Quo-in-der-Region-OstWestfalenLippe-1.pdf](https://arbeitswelt.plus/wp-content/uploads/2022/09/Kuenstliche-Intelligenz-in-der-industriellen-Arbeitswelt_Studie-zum-Status-Quo-in-der-Region-OstWestfalenLippe-1.pdf)  
[Stand: 16.04.2024].

**Plattform Lernende Systeme 2020**

Plattform Lernende Systeme: *Kriterien für die Mensch-Maschine-Interaktion bei KI – Ansätze für die menschengerechte Gestaltung in der Arbeitswelt*, 2020. URL: [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2\\_Whitepaper2\\_220620.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_Whitepaper2_220620.pdf) [Stand: 16.04.2024].

**Plattform Lernende Systeme 2023**

Plattform Lernende Systeme (Hrsg.):  
*Hybride KI. Wissen und Daten kombiniert nutzen*, 2023. URL: [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/KI\\_Kompakt/PLS\\_KI\\_Kompakt\\_Hybride\\_KI.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/KI_Kompakt/PLS_KI_Kompakt_Hybride_KI.pdf) [Stand: 16.04.2024].

**PLS 2020**

PLS Plattform Lernende Systeme:  
*Einführung von KI-Systemen in Unternehmen. Gestaltungsansätze für das Change-Management*. 2020. URL: [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2\\_Whitepaper\\_Change-Management.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_Whitepaper_Change-Management.pdf) [Stand: 16.04.2024].

**PLS 2021**

Plattform Lernende Systeme (Hrsg.):  
*KI-Kompetenzentwicklung bei Sach- und Produktionsarbeit (Whitepaper)*. München: 2021.

**PLS 2022**

PLS Plattform Lernende Systeme:  
*Führung im Wandel. Herausforderungen und Chancen durch KI*, 2022. URL: [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2\\_WP\\_Fuehrung\\_im\\_Wandel.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_WP_Fuehrung_im_Wandel.pdf) [Stand: 16.04.2024].

**Ransbotham et al. 2020**

Ransbotham, S./Khodabandeh, S./Kiron, D./Candelon, F./Chu, M. / LaFountain, B.:  
„Expanding AI's Impact With Organizational Learning“. In: *MIT Sloan Management Review*, 2020.

**Reiter et al. 2021**

Reiter, H./Witzel, A.:  
*Das fokussierte Interview*, 2021.

**Schlick et al. 2018**

Schlick, C./Bruder, R./Luczak, H.:  
*Arbeitswissenschaft*, Berlin: Springer Vieweg, 2018.

**Schnell et al. 2018**

Schnell, R./Hill, P. B./Esser, E.:  
*Methoden der empirischen Sozialforschung*, Berlin: De Gruyter Oldenbourg 2018.

**Schuh et al. 2020**

Schuh, G./Anderl, R./Dumitrescu, R./Krüger, A./ten Hompel, M.:  
*Der Industrie 4.0 Maturity Index in der betrieblichen Anwendung. Aktuelle Herausforderungen, Fallbeispiele und Entwicklungstrends* (acatech KOOPERATION). URL: <https://www.acatech.de/publikation/der-industrie-4-0-maturity-index-in-der-betrieblichen-anwendung/> [Stand: 16.04.2024].

**Schulz et al. 2012**

Schulz, M./Mack, B./Renn, O.:  
*Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft*, Wiesbaden: Stuttgart: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2012.

**Ulrich 2013**

Ulrich, E.:  
Arbeitsysteme als soziotechnische Systeme – eine Erinnerung.  
In: *Psychologie des Alltagshandelns*, 6:1, 2013, S. 4-12.

**Usuga Cadavid et al. 2020**

Usuga Cadavid, J. P./Lamouri, S./Grabot, B./Pellerin, R./Fortin, A.:  
„Machine learning applied in production planning and control: a state-of-the-art in the era of industry 4.0“. In: *Journal of Intelligent Manufacturing*, 316, 2020, S. 1531-1558.

**Vaswani et al. 2017**

Vaswani, A./Shazeer, N./Parmar, N./Uszkoreit, J./Jones, L./Gomez, A. N./Kaiser, L./Polosukhin, I.:  
*Attention Is All You Need*, 2017. URL: <https://arxiv.org/pdf/1706.03762.pdf> [Stand: 16.04.2024].

**Wilson et al. 2018**

Wilson, J./Daugherty, P. R.:  
*Collaborative Intelligence: Humans and AI Are Joining Forces - Humans and machines can enhance each other's strengths*, 2018. URL: <https://hbr.org/2018/07/collaborative-intelligence-humans-and-ai-are-joining-forces> [Stand: 16.04.2024].

**Zhao et al. 2023**

Zhao, W. X./Zhou, K./Li, J./Tang, T./Wang, X./Hou, Y./Min, Y./Zhang, B./Zhang, J./Dong, Z./Du Yifan/Yang, C./Chen, Y./Chen, Z./Jiang, J./Ren, R./Li, Y./Tang, X./Liu, Z./Liu, P./Nie, J.-Y./Wen, J.-R.:  
*A Survey of Large Language Models*, 2023. URL: <https://arxiv.org/pdf/2303.18223.pdf> [Stand: 16.04.2023].

# Mitglieder des Forschungsbeirats

## Vertreterinnen und Vertreter der Wissenschaft

**Prof. Reiner Anderl**, TU Darmstadt  
**Prof. Julia Arlinghaus**, Fraunhofer IFF / Universität Magdeburg  
**Prof. Thomas Bauernhansl**, Universität Stuttgart / Fraunhofer IPA  
**Prof. Manfred Broy**, TU München  
**Prof. Angelika Bullinger-Hoffmann**, TU Chemnitz  
**Prof. Claudia Eckert**, TU München / Fraunhofer AISEC  
**Prof. Alexander Fay**, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg  
**Prof. Jürgen Gausemeier**, Universität Paderborn  
**Prof. Oliver Günther**, Universität Potsdam  
**Prof. Hartmut Hirsch-Kreinsen**, TU Dortmund  
**Prof. Katharina Hölzle**, Fraunhofer IAO, Universität Stuttgart  
**Prof. Gerrit Hornung**, Universität Kassel  
**Prof. Martin Krzywdzinski**, WZB Berlin  
**Prof. Gisela Lanza**, KIT – Karlsruher Institut für Technologie  
**Prof. Peter Liggesmeyer**, TU Kaiserslautern / Fraunhofer IESE  
**Prof. Frank Piller**, RWTH Aachen  
**Prof. Thomas Schildhauer**, Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft / Institute of Electronic Business  
**Prof. Rainer Stark**, TU Berlin  
**Prof. Michael ten Hompel**, TU Dortmund / Fraunhofer IML  
**Prof. Wolfgang Wahlster**, DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH

## Vertreterinnen und Vertreter der Industrie

**Klaus Bauer**, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG  
**Nicole Dreyer-Langlet**, Airbus Operations GmbH  
**Dr. Jan-Henning Fabian**, ABB AG  
**Dr. Ursula Frank**, Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
**Dietmar Goericke**, VDMA – Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau e. V.  
**Dr. Daniel Hug**, Robert Bosch GmbH  
**Prof. Torsten Kröger**, Intrinsic  
**Dr. Uwe Kubach**, SAP SE  
**Dieter Meuser**, German Edge Cloud GmbH & Co.KG  
**Dr. Björn Sautter**, Festo AG & Co. KG  
**Dr. Harald Schöning**, Software AG  
**Dr. Georg von Wichert**, Siemens AG



