

## **4.1 Looking 4.0-ward: Wie das Internet of Production die Beschäftigungsfähigkeit in der Zukunft der Arbeit beeinflusst**

*A. I. Metzmacher, T. Hellebrandt, I. Heine, M. Bergholz, B. Döbbeler, S. Hatfield, C. Kieper, M. Plutz, R. Varandani, R. H. Schmitt*

### **Gliederung**

1	Einleitung .....	304
1.1	Soziotechnologisches Spannungsfeld.....	304
1.2	Industrielle Beschäftigungsfähigkeit .....	306
2	Methodisches Vorgehen.....	308
2.1	Szenarioentwicklung .....	308
2.2	Personaentwicklung .....	312
3	Szenario der Produktionsarbeit 2030 .....	313
3.1	Ausgangssituation .....	313
3.2	Schlüsselfaktoren .....	314
3.3	Szenario .....	316
4	Beschäftigungsfähigkeit im Zukunftsszenario .....	319
4.1	Fallbeispiel 1: KOSTAL Kontakt Systeme GmbH.....	319
4.2	Fallbeispiel 2: Henkel AG & Co. KGaA.....	322
4.3	Implikationen für die zukünftige Beschäftigungsfähigkeit .....	324
5	Handlungsempfehlungen .....	326
6	Fazit und Ausblick .....	330

## **Kurzfassung**

### **Looking 4.0-ward: Wie das Internet of Production die Beschäftigungsfähigkeit in der Zukunft der Arbeit beeinflusst**

Die Entwicklung neuartiger Technologien, eine zunehmend global vernetzte Wertschöpfung und gesellschaftspolitische Entwicklungen sind nur drei der Schlüsselfaktoren, die unsere Arbeitswelt langfristig fundamental verändern. Die echtzeitfähige Daten- und Informationsverfügbarkeit im Internet of Production (IoP) ermöglicht durch die erhöhte Prognosefähigkeit eine kontrollierte und effizientere Produktion. Hierdurch werden Potenziale für Geschäftsmodellinnovationen entfaltet, welche z. B. in datenbasierte X-as-a-Service-Modellen bestehen. Diese Entwicklungen implizieren veränderte Anforderungen an die KSAOs (Knowledge, Skills, Abilities, Other characteristics) von Beschäftigten. Der Beitrag adressiert, welche KSAOs benötigt werden, um im IoP-geprägten Arbeitsumfeld beschäftigungsfähig zu bleiben. Es werden Strategien aufgezeigt, wie Beschäftigte perspektivisch für dieses zukünftige Arbeitsumfeld vorbereitet werden können. Auf Basis einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Konstrukt „Industrielle Beschäftigungsfähigkeit“ wird gemeinsam mit sechs Industrieexpertinnen und -experten ein Zukunftsszenario für die Produktionsarbeit im IoP abgeleitet. Anhand zweier Use Cases aus den Unternehmen KOSTAL Kontakt Systeme GmbH und Henkel AG & Co. KGaA (Bereich Laundry & Home Care) wird aufgezeigt, wie sich die Produktionsarbeit im Jahr 2030 voraussichtlich verändert haben wird und welchen Einfluss diese Veränderungen auf die Unternehmen haben. Aus diesen Erkenntnissen werden strategische Handlungsempfehlungen für den langfristigen Erfolg von Beschäftigten und Unternehmen am Industriestandort Deutschland abgeleitet.

## **Abstract**

### **Looking 4.0-ward: What the Internet of Production will mean to employability and the future of work**

The development of novel technologies, an increasingly globally networked value creation and socio-political developments are only three of the key factors that will fundamentally change our working environment in the long term. The real-time availability of data and information in the Internet of Production (IoP) enables controlled and more efficient production through increased forecasting capabilities. This unleashes potential for business model innovation, which can be found, for example, in data-based X-as-a-Service models. These developments imply changed requirements for the KSAOs (Knowledge, Skills, Abilities, Other characteristics) of employees. The article addresses which KSAOs are needed to remain employable in the IoP-influenced work environment. Strategies are shown how employees can be prepared for this future working environment. Based on a scientific examination of the construct "industrial employability" and together with six industry experts, a future scenario for production work in the IoP is deduced. Two use cases from the companies KOSTAL Kontakt Systeme GmbH and Henkel AG & Co. KGaA (Laundry & Home Care division) will be provided to show how production work is likely to have changed in 2030 and what effects these changes derived from the future scenario will have on the companies. Based on these findings, recommendations for action for the long-term success of employees and companies in Germany as an industrial location will be derived.

## 1 Einleitung

Durch Industrie 4.0 erreichen produzierende Unternehmen neue Dimensionen der Flexibilität und Produktivität, die über das Ausmaß bekannter Produktionsansätze weit hinausgehen. Die Basis dafür sind die echtzeitfähige und multimodale Kommunikation und Vernetzung zwischen cyber-physischen Systemen und Menschen in nahezu allen Bereichen produzierender Unternehmen [1]. Mit dem Internet of Production (IoP) wird die notwendige Infrastruktur entwickelt, um eine Integration entlang des gesamten Produktlebenszyklus zu realisieren. Durch die Bereitstellung semantisch adäquater und kontextbezogener Daten aus Produktion, Entwicklung und Nutzung in Echtzeit und angepasster Granularität, ermöglicht das IoP eine neue Ebene der domänenübergreifenden Kollaboration [2]. Die technologische Vision dieser Infrastruktur ist detailliert skizziert und wird gemeinsam durch Forschungspartner und Industrieunternehmen in den kommenden Jahren umgesetzt und in die Praxis transferiert. Weitestgehend offen ist dagegen die Antizipation und Gestaltung des sozialen Teilsystems zukünftiger Produktion. Das IoP stellt den daten- und informationsbasierten Wegbereiter für eine konsequente Umsetzung von Industrie 4.0 dar. Die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und die Erschließung neuer Wertschöpfungspotenziale lassen sich am Industriestandort Deutschland langfristig jedoch nur durch Menschen realisieren, da diese u. a. über nicht von Maschinen abbildbare Problemlösefähigkeiten und intuitives Reaktionsvermögen verfügen [3].

**Industrielle Beschäftigungsfähigkeit: Mit welchen Kompetenzen schaffen wir 2030 Werte?** Der vorliegende Beitrag adressiert diese zentrale Fragestellung direkt und praxisnah, aus wissenschaftlicher und praxisorientierter Perspektive. Ziel ist es, einen anwendungsbezogenen Beitrag zur Gestaltung der Produktionsarbeit 2030 zu leisten, indem ein realistisches Zukunftsszenario abgeleitet und auf zwei Fallbeispiele der Unternehmen KOSTAL Kontakt Systeme GmbH und Henkel AG & Co. KGaA (Bereich Laundry & Home Care) angewandt wird.<sup>1</sup> Aus den Erkenntnissen der Fallbeispiele werden strategische Handlungsempfehlungen abgeleitet, um den langfristigen Erfolg von Beschäftigten und Unternehmen am Industriestandort Deutschland, besonders auch in Krisen wie bedingt durch die COVID-19-Pandemie 2020, sicherzustellen.

### 1.1 Soziotechnologisches Spannungsfeld

Produzierende Unternehmen und die dort Beschäftigten stehen aufgrund des demografischen Wandels, des Fachkräftemangels und der fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung vor neuen tiefgreifenden Veränderungen der industriellen Arbeitswelt. Mit der technologischen Umsetzung von Industrie 4.0 wird eine Verschmelzung der Informations- und Kommunikationssysteme innerhalb der Unternehmen und z. T. auch über Organisationsgrenzen hinaus erwartet [4]. In Folge der zunehmenden Informatisierung von Prozessen werden Arbeitsabläufe medienbruchfrei; Strukturen in der Produktion sind gekennzeichnet durch Dezentralisierung und Selbstorganisation [5]. Ermöglicht wird dieser Wandel durch eine Vielzahl von digitalen Technologien, z. B. cyber-physikalische Systeme, Cloud Computing und Augmented Reality [6]. Zusätzlich nehmen die Anwendungsgebiete der Auswertung großer unstrukturierter Datenmengen mit Methoden aus dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz für produzierende Unternehmen zu [7]. Die Integration dieser digitalen Technologien und der wichtigsten Unternehmensbereiche erfolgt mit der

---

<sup>1</sup> Vereinfachend wird die KOSTALI Kontakt Systeme GmbH im weiteren Verlauf mit „KKS“ und die Henkel AG & Co. KGaA (Bereich Laundry & Home Care) mit „Henkel“ abgekürzt.

infrastrukturellen Umsetzung der Vision eines echtzeitfähigen Abbilds eines Produktionsunternehmens im IoP. Darüber hinaus liefern verschiedene Beiträge aus Wissenschaft und Praxis Handlungsempfehlungen für die technologische Gestaltung zukünftiger Produktionsunternehmen sowie für die Steuerung der zugehörigen Transformationsprozesse (z. B. [8,9,10]).

Diese Entwicklungen werden allesamt als technologische Befähiger verstanden, die u. a. Potenziale in Hinblick auf signifikante Steigerungen der Produktivität durch fundamental neue Arten der Wertschöpfung und neue Geschäftsmodelle bieten. Die Realisierung dieser Potenziale kann allerdings nur gelingen, wenn in dem Diskurs ebenfalls die Wechselwirkungen mit sozialen Aspekten (d. h. der Mensch und dessen Rolle) beachtet werden. Gegenwärtig gibt es zwar unterschiedliche Annahmen darüber, welche Rolle der Mensch im zukünftigen Produktionsumfeld einnehmen wird – eine menschenleere Fabrik entspricht dabei aber nicht der vorherrschenden Meinung [11]. Insbesondere die Problemlösefähigkeit, Spontaneität und Expertise des Menschen werden auf absehbare Zeit nicht vollständig durch digitale Technologien ersetzbar sein [12]. Vielmehr noch ist der Mensch die flexibelste und intelligenteste Komponente in Produktionssystemen. Trotz der technologischen Fortschritte wird die menschliche Arbeit ein integraler und unverzichtbarer Bestandteil von Produktion und Wertschöpfung bleiben [13]. Daraus folgt, dass eine ganzheitliche Betrachtung zukünftiger Produktion eine soziotechnische Perspektive erfordert [14].

Im Vordergrund dieser Betrachtung stehen die grundlegenden Veränderungen der Arbeitswelt, die zu einem großen Teil technologieinduziert sind. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen für Arbeitsaufgaben und -umfeld umfassen den Wegfall heutiger Tätigkeitsfelder und gleichzeitig die Entstehung gänzlich neuer Tätigkeitsfelder. Allerdings ist noch nicht abzusehen, ob diese veränderten Tätigkeitsfelder bspw. abwechslungsreicher, interessanter oder schwieriger werden als bisher. Beschäftigte werden somit nicht zwangsläufig mehr Kompetenzen bzw. KSAOs (Knowledge, Skills, Abilities, and Other characteristics; dt. Wissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten und andere Merkmale) aufweisen müssen, sondern andere als heute [3]. In diesem Zusammenhang stehen grundlegende Gestaltungsfragen der Organisationsstruktur (zentral vs. dezentral) und dem Bild der zukünftigen Arbeit (Nutzer vs. Bediener). Neben den technologieinduzierten Anforderungen durch die Umsetzung von Industrie 4.0, steht insbesondere das soziale Teilsystem gesellschaftspolitischen und ökonomischen Herausforderungen gegenüber. Als Beispiele hierfür seien der demographische Wandel, Urbanisierung oder Verschiebungen der globalen Wirtschaftskraft induziert durch entsprechende Handelspolitiken (z. B. Freihandel vs. Protektionismus) genannt [15].

Unternehmen und Beschäftigte sollten sich der Frage stellen, welche Kompetenzen notwendig sind, um in der zukünftigen Arbeitswelt zu agieren, dauerhaft einer Beschäftigung im industriellen Sektor nachzugehen und damit zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft beizutragen. Dieser zukunftsorientierten Frage liegt die Problematik zugrunde, dass jegliche Antworten zum heutigen Zeitpunkt notwendigerweise spekulativ sind. Dennoch können wahrscheinliche Entwicklungen von wesentlichen Faktoren für die zukünftige Beschäftigung in der Produktion mittels der Szenariotechnik erarbeitet, analysiert und für das strategische Management eingesetzt werden. Für diesen Zweck wird hierzu nachfolgend zunächst der Begriff der industriellen Beschäftigungsfähigkeit definiert und operationalisiert.

## **1.2 Industrielle Beschäftigungsfähigkeit**

Zur Identifikation zukünftig relevanter Kompetenzen, welche die industrielle Beschäftigungsfähigkeit sicherstellen, werden zunächst bestehende allgemeine Tätigkeitsprofile in der Produktion betrachtet.

Als Basiskompetenzen werden meist fachliche Grundkenntnisse genannt. Diese umfassen naturwissenschaftliche, physikalische Grundkenntnisse [16–18], handwerkliches Geschick [16,17] sowie grundlegende PC-Kenntnisse mit dem Fokus auf gängige Hardware und Betriebssysteme [16]. Ebenso sind Kenntnisse der Betriebs- und Produktionsabläufe sowie Prozess- und Anlageverständnis von hoher Relevanz [16]. Besonders bei anspruchsvolleren Tätigkeiten in der Fertigung im Bereich Maschinen- und Anlagenbau und in der Automobilindustrie, bspw. in der Elektromontage, müssen die Beschäftigten häufig in der Lage sein, technische Zeichnungen oder Schaltpläne lesen und verstehen zu können [16]. Branchenunabhängig sind Kenntnis und Einhaltung von Sicherheits- und Umweltstandards essentiell [16,17]. Zusätzlich zu den fachlichen Kompetenzen werden bestimmte Soft Skills erwartet. Neben Kommunikations- und Teamfähigkeit [16,18], sollten Beschäftigte auch die Fähigkeit haben, anderen KollegInnen Wissen zu vermitteln [18]. Ebenso wird häufig eine vorwiegend selbstständige Arbeitsweise erwartet [16,18].

Es ist anzunehmen, dass zukünftig viele dieser Kompetenzen weiterhin relevant sind. Allerdings werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit die Schwerpunktsetzung ändern und weitere Kompetenzen hinzukommen, welche für den kompetenten Umgang mit den neuen Technologien und Arbeitsbedingungen erforderlich sind. Beispielsweise ist zu erwarten, dass eine Reihe von Routinetätigkeiten von Maschinen und Robotern übernommen werden [19]. Dementsprechend verschieben sich die Zuständigkeiten der Beschäftigten von reinen Ausführungs- zu Kontroll- und Steueraufgaben und erfordern das technologische Verständnis komplexer Systeme [20–22]. Damit einher gehen Problemlösungs- und Optimierungskompetenzen [20,22–24]. Ebenso wichtig erscheint die Fähigkeit des analytischen Denkens [21,22]. Für den Umgang mit autonom agierenden Maschinen und Robotern sind Technikakzeptanz und -vertrauen essentiell [25,26]. Die zunehmende Schnelligkeit von technologischen Innovationen erfordert die Bereitschaft zu lebenslangem Lernen und eine hohe Anpassungsfähigkeit [20–22,25,26].

Neben Flexibilität [25] bleibt auch eine selbstständige Arbeitsweise zentral für die Produktionsarbeit der Zukunft. Entscheidungskompetenz und Eigenverantwortlichkeit werden an Bedeutung gewinnen [23,24,27]. Wichtige soziale Kompetenzen bleiben weiterhin Kommunikationsfähigkeit und die Fähigkeit im Team kooperativ zu arbeiten [21,25,27]. Fachlich ist es für Produktionsmitarbeitende weiterhin relevant das Unternehmen zu kennen, also sowohl Kenntnisse über Betriebs- und Produktionsabläufe zu haben [25,27] als auch über Prozessverständnis zu verfügen [20–23]. Zusätzlich werden interdisziplinäre Kenntnisse aufgrund der zunehmenden Komplexität der Technik wichtiger [20,21,23]. Mit zunehmender Digitalisierung werden auch bei Produktionsmitarbeitenden IT-Kompetenzen und die Fähigkeit, mit neuen Technologien umzugehen, erwartet [20,25,28]. Dazu gehören zum einen die Bedienung von neuen Anlagen und Robotern, vor allem aber auch der Umgang mit neuen technischen Hilfsmitteln in der Produktion wie bspw. Virtual- oder Augmented-Reality-Anwendungen. Programmierkenntnisse sind nicht für jeden Facharbeiter in der Produktion erforderlich, werden jedoch zunehmend wichtiger [21,25,26].

Die Einführung von Industrie 4.0 und des IoP resultieren insgesamt in einer Verschiebung der Tätigkeiten unter verstärkter Einbindung von Daten, die eine stärkere Digital- und Datenkompetenz der Beschäftigten erfordern. Außerdem wird der Handlungsspielraum höher qualifizierter Produktionsmitarbeitender erweitert, da sie zunehmend eigenverantwortlich agieren und selbst Entscheidungen treffen.

Weder die Definition noch die Prognose industrieller Beschäftigungsfähigkeit sind bisher ausreichend erforscht. Daher wird im laufenden Forschungsprojekt PreModIE (Predictive Model of Industrial Employability, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG) die Frage nach der „Industriellen Beschäftigungsfähigkeit“ aus wissenschaftlicher Perspektive untersucht. Das Ziel des Forschungsprojekts ist, ein Modell zur Vorhersage industrieller Beschäftigungsfähigkeit zu entwickeln, welches die Ableitung von Maßnahmen zur Steigerung der Beschäftigungsfähigkeit für Individuen, Organisationen und Politik ermöglicht. Das Modell umfasst, welche Kompetenzen zukünftig notwendig sind, um im industriellen Umfeld eine Beschäftigung zu erlangen und langfristig zu sichern. Industrielle Beschäftigungsfähigkeit wird wie folgt definiert [29,30]:

*„Industrielle Beschäftigungsfähigkeit stellt eine Reihe von Kenntnissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten und anderen Merkmalen dar, die in vier Dimensionen unterteilt werden können: Berufs- und technologisches Fachwissen (1), Anpassungsfähigkeit (2), soziale Fähigkeiten (3) und Selbstmanagement (4). Diese befähigen ein Individuum, eine Beschäftigung im industriellen Sektor zu erlangen und langfristig zu sichern.“*

Das Konstrukt „Industrielle Beschäftigungsfähigkeit“ setzt sich demnach aus vier Dimensionen zusammen. Diese enthalten sowohl aus der Literatur hergeleitete als auch durch Experteninterviews identifizierte KSAOs. Die Integration der Expertenmeinungen stellt sicher, dass für die Industrie praxisrelevante Kompetenzen erfasst werden [30]. Die Definitionen der vier Dimensionen sind im Folgenden wiedergegeben [28,30]:

- (1) *Berufs- und technologisches Fachwissen umfasst neben berufsspezifischen Fachkenntnissen, sowohl IKT-Kenntnisse (Informations- und Kommunikationstechnologie), inklusive Datenkompetenz, als auch lebenslanges Lernen, um erfolgreich mit sich schnell entwickelnden Technologien umzugehen.*
- (2) *Anpassungsfähigkeit enthält die Fähigkeit, sich leicht an Änderungen des internen und externen Arbeitsmarktes anpassen zu können. Diese Dimension beinhaltet Flexibilität und die Kombination von Offenheit, Gewissenhaftigkeit und Adaptionsvermögen im Arbeitsumfeld. Zudem verweist sie auf die Fähigkeit mit gegensätzlichen (An-)Forderungen seitens der Arbeitgeber oder mit unterschiedlichen Interessen von Arbeitgebern und Arbeitnehmern umzugehen.*
- (3) *Soziale Fähigkeiten beschreibt das Vermögen, sich sozialkompetent zu verhalten, um mit anderen zu interagieren. Diese Dimension zeichnet sich durch Beteiligung und Leistung in verschiedenen Arbeitsgruppen aus, was soziales Kapital, soziale Fähigkeiten und emotionale Intelligenz voraussetzt.*
- (4) *Selbstmanagement beschreibt einen selbstinitiierten, proaktiven Prozess eines Individuums, persönlich auf aktuelle und zukünftige Anforderungen in der Arbeitswelt vorbereitet zu sein. Selbstmanagement umfasst [...] Zeitmanagement, kritisches Denken, Kreativität und die Fähigkeit zur Problemlösung.*

Das Konstrukt „Industrielle Beschäftigungsfähigkeit“ bezieht sich auf die Beschäftigungsfähigkeit eines Individuums zum aktuellen Betrachtungszeitpunkt. Die Beschäftigungsfähigkeit ist zunächst unabhängig von spezifischen Unternehmen und basiert auf generellen Kompetenzprofilen für Industrie 4.0. Um aufzuzeigen, welchen Einfluss der Arbeitgeber, andere individuelle Faktoren und weitere soziopolitische Rahmenbedingungen auf die individuelle Beschäftigungsfähigkeit haben, sind diese Einflussfaktoren bzw. Antezedenten identifiziert und untersucht worden. Das entwickelte Modell wurde um die Antezedenten der Kategorien „Einflussfaktoren auf Arbeitnehmerseite“, „Einflussfaktoren auf Arbeitgeberseite“ und „Soziopolitische Einflussfaktoren“ ergänzt [30].

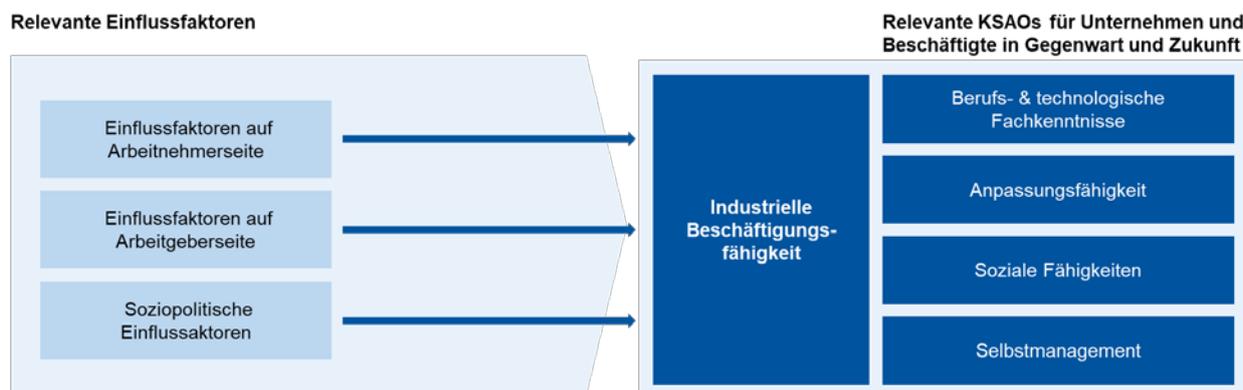


Bild 1: Modell der Industriellen Beschäftigungsfähigkeit (angelehnt an [31]).

Im Jahr 2030 werden sich die Einflussfaktoren auf allen Ebenen erheblich ändern. Das IoP wird besonders auf die Arbeitnehmer- und Arbeitgeberebenen in produzierenden Unternehmen einwirken. Demnach fragen sich Unternehmen schon heute, (1) wie sie diese Veränderungen gestalten können, (2) welche Auswirkungen sie auf ihren Betrieb haben werden und (3) wie sie sich darauf vorbereiten können.

## 2 Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der im vorherigen Kapitel dargelegten Fragestellungen wird eine Methodenkombination verschiedener Fachdisziplinen angewandt. Um die Veränderungen für Beschäftigte und Unternehmen im Jahr 2030 abzuschätzen, wird zunächst ein wahrscheinliches Zukunftsbild der Produktionsarbeit benötigt. Aus diesem können wiederum Rahmenbedingungen für eine hohe Beschäftigungsfähigkeit abgeleitet werden. Für die Entwicklung eines solchen Zukunftsbildes wird die *Szenariotechnik* (Kap. 2.1) als etablierte Methode im strategischen Management genutzt. Die Methode umfasst die systematische und methodische Entwicklung mehrerer in sich konsistenter Zukunftsszenarien [32,33]. Durch die Integration von Expertenwissen, welches die Objektivität und Glaubwürdigkeit des generierten Szenarios zusätzlich erhöhen, wurde hier die Form der expertenbasierten Szenariotechnik eingesetzt [34]. Um mögliche Auswirkungen auf Produktionsunternehmen am Industriestandort Deutschland zu veranschaulichen, wird das abgeleitete Zukunftsszenario auf die Fallbeispiele der Unternehmen KKS und Henkel übertragen. Hierbei findet die *Persona-Methode* (Kap. 2.2) Anwendung, um die notwendigen Kompetenzen der Beschäftigten in 2020 und 2030 anhand prototypischer Beschäftigtenprofile aufzuzeigen und aus dem resultierenden Skill-Gap Handlungsempfehlungen ableiten zu können. In den beiden nachfolgenden Teilkapiteln wird das methodische Vorgehen dieses Beitrags unter Anwendung der genannten Methoden beschrieben.

### 2.1 Szenarioentwicklung

Das methodische Vorgehen bei der Szenarioentwicklung umfasst die fünf Phasen der Szenariotechnik [32,33,35,36]. Diese sind im Phasenmodell in Bild 2 zusammenfassend dargestellt und werden nachfolgend kurz vorgestellt.

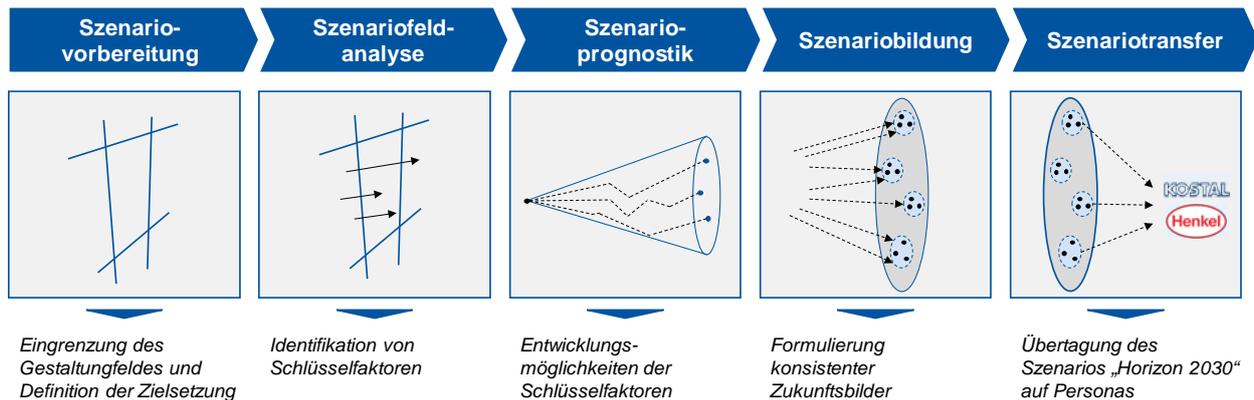


Bild 2: Vorgehensweise Szenariotechnik (i. A. a. [37])

- (1) **Szenariovorbereitung.** In der Szenariovorbereitung wird die Zielsetzung bestimmt und festgehalten. Dabei werden das Gestaltungsfeld sowie das Ziel der Untersuchung definiert und möglichst präzise formuliert [36]. Das Gestaltungsfeld kann beispielsweise ein Unternehmen, Produkte, Branchen oder Technologien sein [37].
- (2) **Szenariofeldanalyse.** Ziel der Szenariofeldanalyse ist die Identifikation von Schlüsselfaktoren, die den größten Einfluss auf das festgelegte Gestaltungsfeld haben. Zu diesem Zweck werden u. a. kreative Methoden wie Brainstormings- und writings, Design Thinking Workshops oder auch Methoden des Desk Research angewendet [36,37]. Nach der Ermittlung grundsätzlich relevanter Einflussfaktoren werden diese nach thematischen Bereichen gruppiert (z. B. mittels PESTEL-Methodik) und zu übergeordneten Schlüsselfaktoren konsolidiert.
- (3) **Szenarioprognostik.** Die Szenarioprognostik dient der Untersuchung der Schlüsselfaktoren hinsichtlich ihrer zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten. Das Ergebnis sind realistische Zukunftsprojektionen der jeweiligen Schlüsselfaktoren. Die Prognostik beruht dabei auf der grundlegenden Annahme, dass es keine exakte Zukunftsvorhersage geben und sich die Zukunft immer in verschiedene Richtungen entwickeln kann. Aus diesem Grund wird von der sogenannten multiplen Zukunft gesprochen [37]. Zur Projektion der Schlüsselfaktoren werden ausgehend vom Ist-Zustand der Schlüsselfaktoren die möglichen Entwicklungen abgeleitet. Diese Projektionen werden durch fortschreiben und simulieren, Überzeichnung, bewusster Beschleunigung und unter Einbeziehung des Umfeldes entwickelt [37]. Die Projektionen müssen dabei immer auf Fakten der Gegenwart beruhen [36] und es sollte zu jedem Schlüsselfaktor mehr als eine Projektion geben, um eine breite Zukunft abbilden zu können [36].
- (4) **Szenariobildung.** Aus den entwickelten Zukunftsprojektionen der einzelnen Schlüsselfaktoren werden anschließend in sich konsistente Zukunftsbündel (Szenarien) gebildet. Hierzu werden die jeweiligen Ausprägungen der Projektionen miteinander verknüpft und in textueller Form beschrieben [36,37]. Schließlich erfolgt die Auswahl der Szenarien für das jeweilige Gestaltungsfeld anhand der Kriterien Konsistenz, Unterschiedlichkeit und Wahrscheinlichkeit [36].
- (5) **Szenariotransfer.** Die Szenarioentwicklung wird mit dem Szenariotransfer abgeschlossen. Dabei wird das Szenario bzw. u. U. auch mehrere Szenarien auf das festgelegte Gestaltungsfeld und hinsichtlich der zugrundeliegenden Zielstellung angewendet, um Chancen und Gefahren oder auch strategische

Stoßrichtungen zu ermitteln [35]. Der Szenariotransfer stellt somit die Verknüpfung zwischen den Szenarien und dem Gestaltungsfeld her [35].

Wie einleitend beschrieben, wurde eine expertenbasierte Szenarioentwicklung durchgeführt. Hierzu wurden Experten herangezogen, von denen angenommen wird, zukünftige Ereignisse, Trends und Entwicklungen aufgrund ihrer Erfahrung gut einschätzen zu können. Die befragten Experten sind Mitglieder der Arbeitsgruppe dieses Beitrages und kommen aus Industrie und Forschung. Insgesamt wurden vier Befragungsrunden zwischen September und Dezember 2019 durchgeführt. Die generierten Ergebnisse wurden dabei insbesondere für die Szenariovorbereitung, Szenariofeldanalyse und die Validierung der Szenarioprognostik genutzt.

### **Szenariovorbereitung**

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses wurden in der Vorbereitungsphase das Gestaltungsfeld und die Zielstellung festgelegt. Das Gestaltungsfeld umfasst dabei die Produktionsarbeit im Jahr 2030 in Deutschland. Eine weitere Eingrenzung auf bestimmte Branchen, Produktionsarten oder Geschäftstypen wurde nicht vorgenommen, um ein möglichst allgemeingültiges Bild der Produktionsarbeit 2030 zeichnen zu können. Im Expertenkreis wurden einige Grundannahmen in Bezug auf die Zukunft getroffen, welche die Entwicklungsmöglichkeiten dennoch eingrenzen (vgl. Kap. 4.1). Die mit dem Gestaltungsfeld korrespondierende Zielstellung ist die Entwicklung eines realistischen Szenarios anhand dessen Konsequenzen sowie relevante Einflussfaktoren für die zukünftige Beschäftigungsfähigkeit abgeleitet werden können. Mit diesem Ergebnis wird zur Beantwortung der übergeordneten Fragestellung beigetragen – der Identifikation notwendiger Kompetenzen in der zukünftigen Produktionsarbeit und schließlich der Vorbereitung von Beschäftigten und Unternehmen auf das neue Arbeitsumfeld in der Produktion.

### **Szenariofeldanalyse**

Für die Szenariofeldanalyse wurde zunächst die Kreativitätstechnik Brainwriting angewendet, um die aus Expertensicht relevanten Einflussfaktoren auf die Produktionsarbeit zu identifizieren. Insgesamt wurden auf diese Weise 42 unterschiedliche Faktoren identifiziert, welche anschließend entsprechend eines Bottom-up Ansatzes zu Schlüsselfaktoren konsolidiert worden sind. Im ersten Schritt wurde hierzu eine strukturelle Grundlage geschaffen, indem die notierten Faktoren gemäß des PESTEL-Schemas (englisches Akronym für *Political, Economical, Social, Technological, Ecological, Legal*; Deutsch: politisch, ökonomisch, sozio-kulturell, technologisch, ökologisch, rechtlich) einsortiert wurden. Darauf aufbauend wurde innerhalb des Expertenteams die Relevanz der Faktoren für die Arbeitswelt 2030 untersucht. Zur Einschätzung der Relevanz wurden sowohl der aktive und der passive Einfluss wie auch Wechselbeziehungen zwischen den Faktoren diskutiert. Basierend auf dieser Relevanzbewertung folgte eine Priorisierung der Faktoren. Darauf aufbauend wurden schließlich Einflussfaktoren zu insgesamt acht Schlüsselfaktoren konsolidiert [32,37], welche als zentrales Zwischenergebnis in Kap. 3.2 beschrieben sind.

### **Szenarioprognostik**

Die Basis der Szenarioprognostik in diesem Beitrag bildet eine umfassende Analyse aktueller Literatur. Die gesichtete Literatur umfasst vorwiegend aktuelle Studien zu Trends, Prognosen und Zukunftsszenarien (u. a. [38,39] in der Produktionstechnik sowie benachbarten Fachdisziplinen (z. B. Betriebs- und Wirtschaftswissenschaften). Die Erkenntnisse wurden dabei den konsolidierten Schlüsselfaktoren des vorliegenden Gestaltungsfelds

zugeordnet und auf dieses übertragen. Hierdurch wurden vier Projektionen je Faktor entwickelt, die entsprechend einer ausreichenden Trennschärfe ausgewählt und textuell beschrieben wurden.

### **Szenariobildung**

Als Grundlage für die Szenariobildung dient der Strukturierungsvorschlag der Unternehmensberatung PricewaterhouseCoopers [40]<sup>2</sup>. Dieser basiert auf der Annahme, dass Megatrends den Kontext zukünftiger Arbeitswelten prägen, jedoch nicht ihre Form oder Charakteristik determinieren. Vielmehr ist es die menschliche Dynamik, bspw. die Art und Weise, wie Menschen auf Herausforderungen und Chancen von Megatrends reagieren, welche die Zukunft der Arbeit bestimmen. Diese menschliche Dynamik wird durch diametrale Entwicklungsrichtungen ausgedrückt: Dezentralisierung vs. Zentralisierung und Individualismus vs. Kollektivismus. Die Entwicklungsrichtungen sind wie folgt definiert:

- Dezentralisierung: Große Unternehmen werden weniger relevant. Kleinere Organisationen, die sich auf einzelne Themengebiete spezialisiert haben, nehmen an Bedeutung zu. Digitale Plattformen bilden die Grundlage vieler unternehmerischer Aktivitäten.
- Zentralisierung: Die Macht von Großkonzernen nimmt stetig zu, sodass deren Einfluss über den einiger Nationen steht. Neue Geschäftsfelder werden bspw. durch den Kauf von Startups abgedeckt.
- Individualismus: Individuelle Bedürfnisse der Kunden – insbesondere die der Endverbraucher – bestimmen das Angebot auf dem Markt und bilden die Basis unternehmerischer Aktivitäten. Ebenso setzen Beschäftigte ihre eigenen Bedürfnisse an erste Stelle.
- Kollektivismus: Das Gemeinwohl hat Vorrang vor persönlichen Präferenzen. Soziale Verantwortung und Umweltverträglichkeit bestimmen individuelles Handeln sowie Unternehmensaktivitäten.

Mit diesen Entwicklungsrichtungen wurde eine Vier-Felder-Matrix aufgespannt (vgl. Bild 3), anhand derer die Entwicklung der Zukunftsbündel je Schlüsselfaktor abgebildet wurde. Insgesamt ergeben sich demnach für die acht Schlüsselfaktoren 32 Projektionen. Während der Erstellung wurde gemäß dem methodischen Vorgehen der Szenariotechnik berücksichtigt, dass die Projektionen konsistent und frei von wechselseitigem Einfluss sind.

Die Projektionen wurden anschließend zur Bewertung ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit in ein Online-Umfragetool überführt. Darin wurden die Probanden gebeten, die Eintrittswahrscheinlichkeit in Prozent abzuschätzen. Die einzelnen Projektionen wurden dabei unabhängig voneinander bewertet. Um eine objektivere Einschätzung zu erhalten, nahmen an der Befragung neben dem Expertenteam, weitere Experten aus Industrie und Forschung teil. Voraussetzung war, dass diese entweder im produzierenden Gewerbe oder im Bereich der produktionstechnischen Forschung (Fokus Organisationsentwicklung in der Industrie 4.0) tätig sind. Insgesamt wurden 16 vollständig ausgefüllte Bewer-

---

<sup>2</sup> Im Gegensatz zu den von PricewaterhouseCoopers z. T. stark positiv oder negativ konnotierten Ausprägungen sind die hier gewählten Entwicklungsrichtungen neutral zu betrachten.

tungen erfasst, davon stammen sieben Teilnehmende aus der Industrie und neun Teilnehmende aus der Forschung. Das Ergebnis der Befragung stellten die 32 bzgl. ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit bewerteten Projektionen dar.

Zur Bildung des finalen Szenarios wurden die Ergebnisse zunächst analysiert. Dabei zeigte sich, dass je Schlüsselfaktor ein bis zwei widerspruchsfreie Projektionen von den Teilnehmenden durchschnittlich als wahrscheinlich (d. h. Eintrittswahrscheinlichkeit > 50 %) bewertet wurden. Auf dieser Grundlage wurde das finale Szenario 2030 mittels ein oder zweier Projektionen pro Schlüsselfaktor entsprechend ihrer abgeschätzten Eintrittswahrscheinlichkeit gebildet. Das finale Ergebnis ist in Kap. 3.3 dargestellt.



Bild 3: Matrix zur Entwicklung der Zukunftsbündel 2030 (i. A. a. [40])

### Szenariotransfer

In diesem Beitrag hat der Szenariotransfer das Ziel, Chancen und Herausforderungen des entwickelten Zukunftsszenarios im Hinblick auf die Beschäftigungsfähigkeit am Industriestandort Deutschland zu identifizieren. Hierzu werden die Unternehmen KKS und Henkel als Repräsentanten des produzierenden Gewerbes herangezogen. Die ausgewählten Unternehmen unterscheiden sich in Bezug auf diverse Charakteristika, z. B. Unternehmensgröße, Standort, Rechtsform, sodass mit dem Szenariotransfer eine Übertragbarkeit auf ein möglichst breites Unternehmensspektrum ermöglicht wird. Ferner werden auf dieser Basis Strategien in Form von Handlungsempfehlungen abgeleitet. Diese Empfehlungen adressieren, wie die industrielle Beschäftigungsfähigkeit und somit der langfristige Erfolg von Beschäftigten und Unternehmen sichergestellt werden kann. Für den Transfer des entwickelten Szenarios wurde die Methodik der Personaentwicklung verwendet. Die Beschreibung der Methode und deren Anwendung ist im nachfolgenden Teilkapitel beschrieben.

### 2.2 Personaentwicklung

Personas sind fiktive, archetypische Personen, die repräsentativ für Gruppen mit ähnlichen Anforderungen, Bedürfnissen und Zielen stehen [41]. Bei der Gestaltung der Personas lässt sich zwischen dem Ansatz der „realen Personas“ und der „realistischen Personas“ unterscheiden [42]. Die realen Personas basieren auf qualitativen und quantitativen Daten, die in Untersuchungen zur Zielgruppe gewonnen werden [43]. Die datenorientierte Generierung ermöglicht eine detaillierte Beschreibung der Zielgruppe [42]. Rea-

listische Personas werden in Expertengesprächen generiert. Dieser Typ spiegelt mit kurzen Beschreibungen die subjektive Wahrnehmung der Zielgruppe wider und beschreibt meist Stereotypen [42].

Zur Entwicklung der Personas für die beiden Unternehmen KKS und Henkel wurde der Typ der „realistischen Personas“ gewählt. Die Informationen wurden in leitfadengestützten Interviews mit Experten aus dem Personalbereich und der Fertigung generiert. Das Ziel der Interviews war die Entwicklung des „stereotypischen Produktionsmitarbeitenden“ bei KKS und Henkel. Die Entwicklung der Personas für die beiden Unternehmen orientiert sich am Vorgehen nach [44]. Zur möglichst realitätsnahen Entwicklung werden die Personen dabei über folgende Merkmale beschrieben [42]:

- *Soziodemografisch*: Alter, Geschlecht, Beruf, Bildungsstand, Erfahrung, Kenntnisstand, Einkommen, Familienstand
- *Psychografisch*: Einstellung, Motive, Wünsche, Werte, Bedürfnisse und Erwartungen, Zufriedenheit, Lebensstil
- *Technografisch*: Einstellung, Nutzungshäufigkeit digitaler Technologien (mobile Endgeräte)
- *Geographisch*: Wohnort, -größe, Land, Kultur
- *Verhaltensorientiert*: Nutzung bestimmter Medien, Produkte und Services, Art des Zugriffs und der Nutzung (Zeitpunkt, Dauer, Häufigkeit), berufliche oder private Nutzung, Freizeit- und Konsumverhalten, zukünftige Absichten

Zusätzlich zu diesen häufig erfassten Merkmalen werden zur Entwicklung der Unternehmenspersonas weitere Spezifika zum Job abgefragt. Diese umfassen Stellenbezeichnung, Vertragsspezifika, Stellenziel, Aufgaben, Arbeitshilfsmittel, Kompetenzen, Anforderungen, Weiterbildungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten.

Typischerweise werden Personas mit ihren Merkmalen und einem Szenario beschrieben, das ihre Arbeitsaufgaben, Ziele und ihre Interessen am Produkt bzw. ihre Interessen in Bezug zur jeweiligen Fragestellung beinhaltet. Für die Personaentwicklung 2020 wird zunächst das aktuelle Arbeitsszenario durch Experten aus dem Personalwesen und der Fertigung der beiden Unternehmen beschrieben. Anschließend wird das entwickelte Zukunftsszenario herangezogen und mit denselben Experten auf die jeweiligen Unternehmen übertragen, um daraus Personas für das Jahr 2030 abzuleiten.

### **3 Szenario der Produktionsarbeit 2030**

Ein mögliches Szenario der Produktionsarbeit im Jahr 2030 als Ergebnis der Szenarioentwicklung umfasst die getroffenen Grundannahmen (Kap. 3.1), die Schlüsselfaktoren als Grundlage für mögliche Projektionen zur Szenarioentwicklung (Kap. 3.2) und die Beschreibung des konsolidierten Szenarios (Kap. 3.3).

#### **3.1 Ausgangssituation**

Für dieses Szenario der Produktionsarbeit 2030 wurden einige Grundannahmen getroffen, die nachfolgend beschrieben werden. Das IoP als neues Produktionsparadigma ist in deutschen Produktionsunternehmen technisch umgesetzt. Dies bedeutet, dass eine vollständige Digitalisierung und Vernetzung der Unternehmensprozesse vorausgesetzt und zumindest in bestimmten Bereichen eine Fokussierung auf datenzentrierte Ge-

schäftsmodelle erfolgt ist. Die Fertigung ist darüber hinaus durch die Vernetzung digitalisierter Produkte und Produktionsmittel auf Basis cyber-physischer Systeme in Echtzeit geprägt [2]. Weiterhin wird angenommen, dass die politische Lage in Deutschland und Europa weitestgehend stabil ist. In diesem Zusammenhang ist es zwar möglich, dass sich Machtverhältnisse einzelner Parteien verändern und die politische Orientierung der Bevölkerung Schwankungen unterliegt, es werden aber keine Ausnahmesituationen angenommen, die bspw. zu Ausnahmeständen, wie bspw. 2020 durch die COVID-19-Pandemie hervorgerufen, oder zu einem Aussetzen der Gewaltenteilung führen könnten.

### **3.2 Schlüsselfaktoren**

Insgesamt wurden acht Schlüsselfaktoren identifiziert, von denen angenommen wird, dass sie einen wesentlichen Einfluss auf die Produktionsarbeit haben. Die Schlüsselfaktoren werden nachfolgend definiert und dienen als inhaltliche Grundlage für die Entwicklung des Szenarios 2030.

#### **Arbeitsmarkt**

„Der Arbeitsmarkt hat die Funktion, Arbeitskräfte und Arbeitsplätze in einer optimalen Weise zusammenzuführen [...]“ [45, S.4]. Darüber hinaus ist der Arbeitsmarkt aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Aus ökonomischer Sicht geht es um einen Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage. Beschäftigungs-, Steuer-, Familien- sowie Rentenpolitik fließen ebenso in den Arbeitsmarkt ein, da sie Schnittstellen ökonomischer und sozialpolitischer Zielsetzungen darstellen [46]. Bei dem Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage gilt es, die Entwicklungen des Arbeitsangebots durch neue Technologien und Automatisierung zu betrachten. Nachhaltige, politische Zielsetzungen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Zusammensetzung des Arbeitsmarktes.

#### **Arbeitsrecht**

„Das Arbeitsrecht dient der Regelung der Rechtsbeziehungen zwischen Arbeitnehmer und Arbeitgeber sowie deren jeweiligen Zusammenschlüssen“ [47, S. 8]. Da beim Interessenausgleich meist ein Machtgefälle zugrunde liegt, muss der Gesetzgeber Mindeststandards zum Schutz der Beschäftigten setzen [47]. Das Arbeitsrecht ist unmöglich zu verallgemeinern und muss in einem fortlaufenden Prozess im Kontext der Kompetenz der Handelnden interpretiert werden [48]. So muss Recht sowie dessen Auslegung, aufgrund wandelnder Rahmenbedingungen von Wirtschaft und Industrie, kontinuierlich angepasst werden [47]. Beispiele von Anpassung rechtlicher Bedingungen durch technologische Entwicklungen sind Anpassungen bezüglich Zeit und Ort der Leistungserbringung, genauso wie Richtlinien bezüglich Datenschutz und Privatsphäre. Weiterhin ist die Rolle von Gewerkschaften und Betriebsräten miteinzubeziehen, die einen Einfluss bei der Ausarbeitung des Arbeitsrechts haben.

#### **Arbeitsorganisation/ -bedingungen**

Die Arbeitsorganisation ist ein Teilgebiet der Arbeitssystemgestaltung und umfasst dabei die Planung und Gestaltung menschlicher Arbeit. Sie unterscheidet sich von der technischen Arbeitssystemgestaltung darin, dass besonders die Aspekte Arbeitsteilung und Kooperation im Vordergrund stehen. Die Arbeitsorganisation koordiniert die Arbeitssystemgestaltung auf Makro-Ebene. Die Mikro-Ebene, wie z. B. ergonomische Arbeitsfaktoren, sind nicht Teil ihres Systembereichs. Die Arbeitsorganisation zielt ab auf eine produktive, effiziente und gleichzeitig menschengerechte Arbeitsgestaltung. Wirtschaftliche Zielgrößen wie Betriebsmittelauslastung werden genauso zur Bewertung der Arbeitsgestaltung herangezogen wie humanorientierte Zielgrößen [49]. Die Makro-Ebene der Systemgestaltung betrifft die Organisation der Arbeitsleistenden, sowohl strukturell als auch zeitlich.

Humanorientierung spiegelt sich im Begriff der Arbeitsqualität wider, in welchem die Art und der Erfüllungsgrad der Arbeit eine Rolle spielen.

### **Gesellschaftsstruktur**

„Der Begriff Gesellschaftsstruktur bezeichnet die sozialen Differenzierungsformen von Gesellschaften. Er bezieht sich demnach auf die kontingente Form der sozialen Differenzierung der Gesellschaft, die im Kontext sozialen Wandels variieren kann.“ [50, S.15] Struktur einer Gesellschaft oder Sozialstruktur dient als Einteilung der Gesellschaft in Teilbereiche und untersucht Wechselbeziehungen und Wirkzusammenhänge dieser [51]. „Die Sozialstruktur [umfasst] Wirkzusammenhänge in einer mehrdimensionalen Gliederung der Gesamtgesellschaft in unterschiedliche Gruppen nach wichtigen sozial relevanten Merkmalen sowie in den relativ dauerhaften sozialen Beziehungen dieser Gruppen untereinander.“ [51, S. 3] Wirtschaftswachstum und Einkommensunterschiede spielen eine zentrale Rolle in der Gliederung der Gesamtgesellschaft nach finanziellen Kriterien. Als weitere Kriterien können auch Migrationshintergründe oder politische Orientierung herangezogen werden.

### **Gesellschaftliches Wertesystem**

„[Werte sind...] Vorstellungen des Wünschbaren, die nicht unmittelbar beobachtet werden können, die jedoch im moralischen Diskurs sichtbar werden und Bedeutung für die Strukturierung von Einstellungen besitzen“ [52, S. 46]. Ein Wertesystem kann definiert werden als ein globales Regelungssystem, das nicht vollkommen aus lokalen Nützlichkeitsüberlegungen besteht und dennoch verbindliche und nachvollziehbare Regeln schafft. Diese Regelungen muss das Individuum nicht nur respektieren, sondern auch aus intrinsischer Motivation einhalten. Das Wertesystem besteht dabei aus der kleinsten Übereinstimmung der Werte aller Individuen einer Gesellschaft [53, S. 88]. Werte einer Gesellschaft spiegeln sich in den Verbrauchsentscheidungen der Konsumenten wider, wo z. B. die Individualisierung einer Gesellschaft der „Sharing-Kultur“ entgegenwirken könnte. In der Wirtschaft entscheiden die Werte über die Akzeptanz von Beschäftigten gegenüber neuen Technologien und auch der Einstellung gegenüber ihrem Arbeitgeber.

### **Bildung**

Bildung beschreibt die Fähigkeit des Menschen, sich kritisch mit sich selbst und seiner Umwelt auseinanderzusetzen. Sie spiegelt das Selbst- und Weltverständnis des Individuums (seiner Zeit) wider [54]. Bildung bezeichnet die kulturelle Formung des Individuums in einem aus drei Grundsteinen bestehenden Gesamtkonzept. Das Bildungsziel (objektiv), die Art der Aneignung der Bildung des sich Bildenden (subjektiv) und zuletzt die Institutionen und Personen, die andere bilden [54]. Besonders die Rolle der Institutionen in diesem Prozess kann sich einem Wandel unterziehen. Im Zusammenhang mit der Digitalisierung des Lernens und anforderungsspezifischen Lehrinhalten wird die Rolle traditioneller Institutionen neu bewertet.

### **Technologische Disruption**

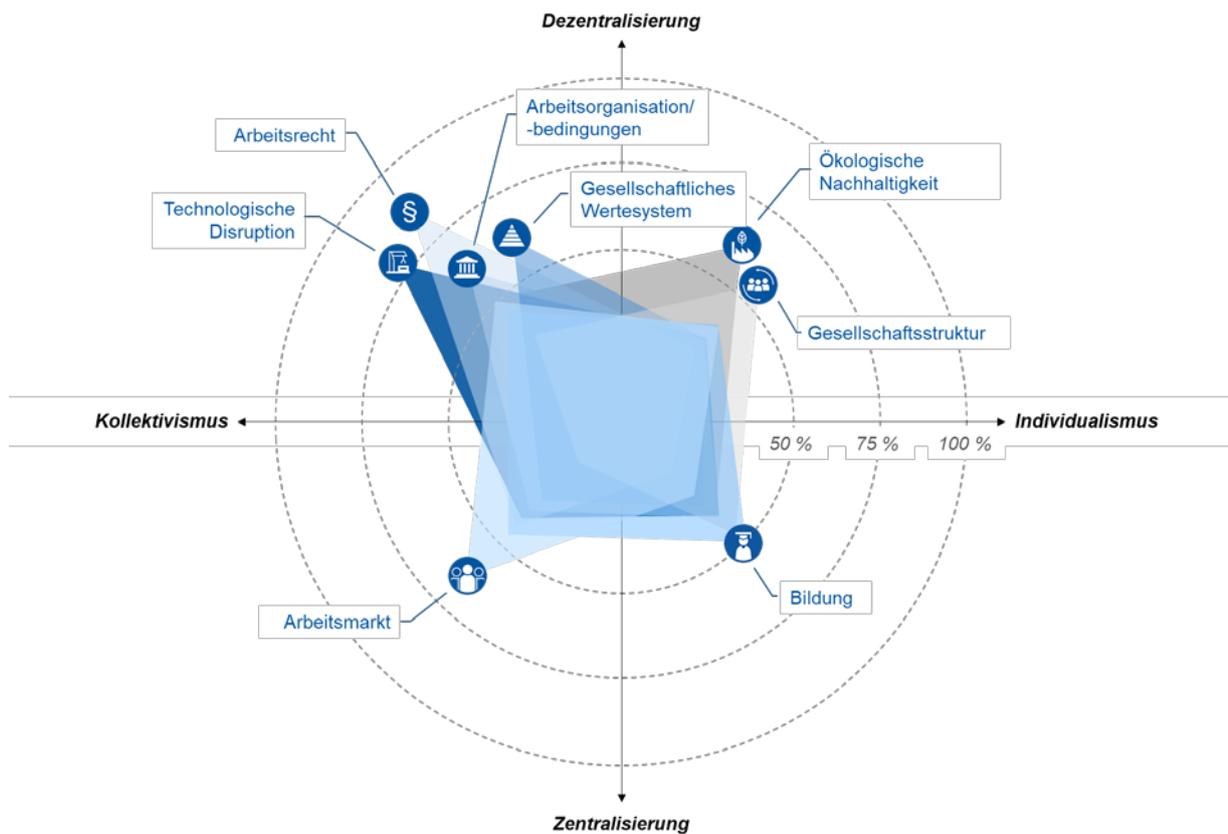
Als Disruption wird ein Prozess einer außergewöhnlich schnellen Marktdurchdringung einer Innovation, die bestehende Produkte oder Geschäftsmodelle ersetzt, bezeichnet [56]. Die Idee der „Disruptiven Innovation“ beruht darauf, dass etablierte Anbieter von Diensten oder Produkten die unteren, preissensiblen Marktsegmente vernachlässigen und dort einen Freiraum für neue Anbieter lassen. Neue Markteinsteiger, z. B. Anbieter von Plattform-Lösungen zum Management der Energieinfrastruktur, setzen hier an, verbessern die Leistung ihres Produktes und erobern somit den Markt „von unten“ [57,58].

### **Ökologische Nachhaltigkeit**

„Ökologische Nachhaltigkeit bedeutet, natürliche Ressourcen nur in dem Ausmaß zu nutzen, wie ein Nachwuchs möglich ist.“ [59, S. 48]. Ökologische Nachhaltigkeit rückt durch den fortschreitenden Klimawandel, bestehende Ressourcenknappheit und zunehmender Ungleichheit und Armut immer weiter in den Fokus der Gesellschaft. Ökologisch nachhaltiges Verhalten bezieht daher alle drei Säulen der Nachhaltigkeit– Ökologie, Ökonomie und Soziales – mit ein und ist auf Langfristigkeit ausgelegt [59]. So werden bspw. sensible Ökosysteme durch Ansätze der Effizienzsteigerung in der Energie- und Rohstoffnutzung in Kombination mit verändertem Verbraucherverhalten von Industrie und Privatpersonen geschützt. Bestehende Energieinfrastrukturen werden infrage gestellt und Änderungen mit festgelegten Klimazielen abgeglichen.

### **3.3 Szenario**

Das entwickelte Szenario 2030 setzt sich aus den oben definierten Schlüsselfaktoren zusammen und wurde aus den bewerteten Projektionsbündeln abgeleitet. Das Ergebnis ist in Bild 4 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass sich viele Projektionsbündel besonders im Quadranten links oben einordnen lassen. Dieser Quadrant steht für „sinnstiftende Arbeit“, ethische Belange und sieht die Gesellschaft als Gemeinschaft. Demnach sehen die Befragten zukünftig die Bedürfnisse und Anforderungen der Beschäftigten noch stärker in den Fokus gerückt. Die Auswahl der auszuübenden Tätigkeiten bezieht sowohl wirtschaftliche wie auch soziale Aspekte, z. B. die Motivation und Zufriedenheit der Beschäftigten mit ein. Gesellschaftlich wird verstärkt auf das „Miteinander“ geachtet, wodurch nach Ansicht der Befragten zwar weiterhin die Interessen Einzelner Beachtung finden, jedoch weniger auf Kosten der Gemeinschaft. Dieses verstärkte Gemeinschaftsgefühl wird von einem hohen Stellenwert von Umwelt und Nachhaltigkeit begleitet – Entwicklungen die bspw. durch die „Fridays for Future“-Bewegung bereits 2019 eingeleitet wurden.



*Bild 4: Graphische Darstellung des Szenarios 2030 (anhand der projizierten Ausprägungen der Schlüsselfaktoren)*

Im entwickelten Szenario 2030 fördern nach Ansicht der Befragten digitale Technologien die Flexibilisierung der Arbeit, die durch einen Vertrauensvorschuss ermöglicht wird [60]. Die zunehmende Flexibilisierung der Arbeit ist akzeptiert und eine zeit- und ortsunabhängige Leistungserbringung wird immer häufiger zur Norm [39]. Konzerne ermöglichen die wachsende Flexibilisierung teilweise durch die Transformation zu Schwarmorganisationen, die sich aus selbstorganisierten Gruppen mit hoher struktureller Offenheit zusammensetzen [38]. „Arbeit“ wird zu einem dynamischen Konzept, in welchem die Grenzen zwischen Arbeit und Freizeit zunehmend verschwimmen [40]. Die Work-Life-Balance wird verbessert, da bspw. Automatisierung belastende Einfacharbeiten übernimmt.

Aktive Gewerkschaften wirken einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen, welche potenziell durch günstigere Plattform-Geschäftsmodelle entstehen könnten, entgegen und begrenzen die Rationalisierung von Arbeitstätigkeiten durch digitale Technologien [39,61]. Die Politik hat die Gefahr von Plattform-Geschäftsmodellen und wachsender Zeitarbeit erkannt, sodass Regulierungen wie eine Diversitätsquote und verpflichtende Maßnahmen zum Schutz und zur sozialen Absicherung der Beschäftigten etabliert werden [40]. In den Organisationen wird die Bedeutung des Menschen erkannt und hervorgehoben. Gewerkschaften und Betriebsräten wird eine hohe Relevanz zugesprochen und ihr Einfluss wächst bis in die Geschäftsführung. Gewerkschaften integrieren sich in die Personalabteilungen und machen soziale Verantwortung zu einem Kerninhalt ihres Arbeitsbereichs [40].

Das Ergebnis der Befragung zeigt die Annahme auf, dass im Jahre 2030 große Teile der Produktion automatisiert sein werden. Ebenso schreiten Entwicklungen in der KI-For-

schung rasant voran und führen dazu, dass KI-Systeme Menschen in nahezu allen Sinnen (Sehen, Hören, Sprache, allgemeine Kognition) [62], bspw. in der Verarbeitung großer Datenmengen und der darauf fundierten Entscheidungsfindung überlegen sind [61]. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass KI-Systeme die vollständige Kontrolle übernehmen, da Menschen besonders in unvorhersehbaren Situationen z. B. auf Basis ihrer Erfahrungen schneller reagieren können. Ebenso wird der Mensch weiterhin als letzte Instanz die Verantwortung übernehmen. Somit verändern disruptive Innovationen in der KI und Automatisierung zwar viele Tätigkeitsprofile, eine vollständige Rationalisierung ist aber nicht zu erwarten [63]. Daraus resultiert eine stark gestiegene Anzahl an Tätigkeiten mit Mensch-Maschine-Interaktion. Die Verbreitung von IoT-Geräten führt zu einem Produktivitätszuwachs und steigender Lebensqualität [61].

Der fortschreitende Klimawandel und die wachsende Zustimmung der Bevölkerung zur Bekämpfung globaler Erwärmung führen zu einem Zuwachs an Beschäftigung in „Grünen Jobs“, allen voran den Erneuerbaren Energien [64]. Dieser erwartete Trend geht damit einher, dass eine globale, nachhaltige Wohlstandssicherung an Bedeutung gewinnt [65]. Insbesondere die Industrie treibt nachhaltige Lösungen voran [66]. Aus demselben Grund wird angenommen, dass sich Plattformen zum Management der globalen Energieinfrastruktur durchsetzen.

Nach Annahme der Befragten bestimmt sich die Qualifikation der Beschäftigten nicht mehr (ausschließlich) nach Berufsausbildung oder Universitätsabschluss [40,67], sondern nach individuellen Fähigkeiten und Kenntnissen [40]. Generell kommt es zu einer Polarisierung im Bildungssektor [63,68]. Einerseits finden sich viele hochgebildete Spezialisten bspw. für Forschung und Entwicklung oder umfassend ausgebildete Personen zur Wartung und Instandhaltung der komplexen Produktionsanlagen. Andererseits gibt es weiterhin einige Beschäftigte für Einfacharbeiten, die sich nur schwer automatisieren lassen, z. B. Reinigungskräfte. Durch diese unternehmensspezifischen Berufsbilder kommt es zu einer starken Verbindung von Industrie und Bildungssektor, die gleichsam zu einer Privatisierung des Bildungssektors führen kann [69]. Da sich die Unternehmen ständig weiterentwickeln, ist lebenslanges Lernen auch für Beschäftigte essentiell [65,68,70,71]. Die Unternehmen unterstützen dies bspw. durch Personal Learning Accounts. Dabei hat jeder Beschäftigte ein jährliches Budget zur persönlichen Weiterbildung [60]. Eine weitere Möglichkeit zur Mitarbeitendenbildung sind Lernfabriken, welche die komplexen Zusammenhänge in der Produktion anschaulich darstellen [72,73].

Ebenso wie im Bildungssektor erwartet, ist eine Polarisierung der Gesellschaft anzunehmen, wodurch es schwierig wird, die Mittelschicht in ihrer aktuellen Stärke zu erhalten. Der demographische Wandel setzt sich in Deutschland fort; die Gesellschaft wird bis zum Jahr 2030 zunehmend älter [74]. Durch fortlaufende Migration wird die Alterung der Bevölkerung jedoch etwas verlangsamt. Zugleich erhöht sich die Diversität [75].

Die Befragten halten es für wahrscheinlich, dass die gesellschaftlichen Unterschiede zwischen Arm und Reich sich durch im Kollektiv umgesetzte Investitionen verringern [65]. Gleichzeitig wird erwartet, dass die Loyalität bei der Wahl der Tätigkeit oder des Arbeitgebers wieder zunimmt [40]. Eng verwoben ist dies mit dem Wunsch nach „sinnstiftender Arbeit“. Weit verbreitet ist die Sharing-Kultur, die individuellen Besitz vermeidet und bedarfsbezogen Güter und Dienstleistungen zur Verfügung stellt [39]. Obgleich sich viele Aktivitäten auf gemeinsame Ziele und den Erhalt der Gemeinschaft konzentrieren, wird ein Streben nach Individualismus weiterhin angenommen.

## **4 Beschäftigungsfähigkeit im Zukunftsszenario**

Um die Auswirkungen des entwickelten Zukunftsszenarios auf die Unternehmen KKS und Henkel zu identifizieren und aufzuzeigen, wie Unternehmen sich strategisch darauf vorbereiten können, wird die Methodik der Persona-Entwicklung angewandt (siehe Kap. 2.2). Zunächst wurden für das Jahr 2020 repräsentative Personas erarbeitet. Diese vereinen für die jeweiligen Tätigkeitsprofile relevante Kompetenzen zum aktuellen Zeitpunkt. Danach werden dieselben Personas und deren Arbeitsalltag zehn Jahre später betrachtet. Basierend auf dem Szenario 2030 (siehe Kap. 3) werden exemplarische Tätigkeiten in den beiden Unternehmen vorgestellt, aus denen idealtypische Kompetenzprofile abgeleitet werden. Die Beschreibungen der Szenarien 2030 in den Unternehmen KKS und Henkel sind rein fiktiv und spiegeln nicht notwendigerweise fixe Unternehmensziele wider. Daraufaufgehend wird aufgezeigt, welche Handlungsmöglichkeiten bestehen, um die aktuellen Beschäftigten für dieses Ideal zu befähigen.

### **4.1 Fallbeispiel 1: KOSTAL Kontakt Systeme GmbH**

#### **Ein internationales Familienunternehmen**

Die KOSTAL Kontakt Systeme GmbH wurde 2004 als unabhängiges Unternehmen innerhalb der seit 1912 bestehenden KOSTAL-Gruppe, welche als international agierendes Familienunternehmen alle weltweit führenden Automobilunternehmen zu seinen Kunden zählt, gegründet. Das Kerngeschäft ist die Entwicklung, Produktion und der Vertrieb von Steckverbindersystemen für die Automobilindustrie. KKS ist an neun Standorten in acht Ländern mit über 1.400 Beschäftigten präsent. Der Hauptsitz liegt in Lüdenscheid im Sauerland in Nordrhein-Westfalen. Aktuell bildet die gesamte KOSTAL-Gruppe in acht Berufen aus. [76]

#### **Beschäftigung in der Produktion**

##### Marco Marcovic 2020

Die Persona Marco Marcovic arbeitet seit der Ausbildung als Stanz- und Umformmechaniker am Standort Lüdenscheid. Herr Marcovic ist im Sauerland aufgewachsen und seine Eltern, die ursprünglich aus Serbien stammen, leben in der Nähe seiner Mietwohnung, in der er mit seiner Frau und zwei Kindern lebt.

Nach dem Realschulabschluss hat der 34-Jährige seine dreijährige Ausbildung gemäß IHK-Vorgaben bei der Firma KKS begonnen. Seinen damaligen Ausbildungsleiter schätzt er neben seiner Familie als Vertrauensperson. Während seiner Ausbildung wurde Herr Markovic gut auf die ganzheitliche Bedienung, Steuerung und Einrichtung der Stanzmaschinen vorbereitet. Er arbeitet im Schichtbetrieb, jeweils zwei Tage in Früh-, Spät- und Nachtschicht. Seine Tätigkeiten bestehen aus ca. zwei Drittel manueller Arbeit.

Neben seiner mehrjährigen Erfahrung sind seine selbstständige und sorgfältige Arbeitsweise Grundvoraussetzungen für den Beruf, sodass er in der Lage ist, Prozessabläufe zu optimieren und regelmäßige Prüfungen an Produkten und Materialien durchzuführen und zu dokumentieren. In den letzten Jahren hat sich der Elektrik-Anteil in den Anlagen sukzessive erhöht. Daher hat Herr Markovic bereits einen Elektronik-Grundkurs absolviert, in dem ihm das für seine Tätigkeiten notwendige Grundwissen vermittelt wurde. Sofern jedoch Störungsmeldungen mit Bezug zur Elektronik auftreten, ist er auf die Teamfähigkeit in der Belegschaft angewiesen. Bei Fehlern mit Elektronikkomponenten hat er keine Handlungsbefugnis und ist auf seine KollegInnen mit Elektriker-Ausbildung angewiesen.

Ogbleich Herr Markovic privat mit verschiedenen mobilen Endgeräten mehrere Informations- und Kommunikationskanäle nutzt, bestehen seine Arbeitshilfsmittel aus eher traditionellen Geräten wie einem Desktop-PC und klassischen Werkzeugen. Die Kommunikation findet vorwiegend persönlich statt. Da Herr Markovic seine Ausbildung in sehr guter Erinnerung hat, möchte er sein Wissen zukünftig an Auszubildende weitergeben und strebt die Erlangung des Ausbilderscheins an.

### Marco Marcovic 2030

Im Jahr 2030 ist Marco Marcovic weiterhin in der Stanzerei bei KKS tätig. Herr Markovic hat eine Weiterbildung zum Techniker absolviert sowie einen Ausbildungsschein erworben. Als Ausbilder erklärt er den neuen Auszubildenden die Funktionsweise der neusten Anlagen. Diese sind hinsichtlich ihrer Steuerungstechnik und Elektrik deutlich komplexer als die älteren Anlagen. Zusätzlich verfügen diese auch über das neuste Kamerasystem zur Qualitätsüberwachung. Herr Markovic orchestriert mehrere Anlagen parallel. Über sein Tablet hat er immer die wichtigsten Maschinenparameter im Blick. Die Predictive Maintenance Anwendung läuft sehr stabil, sodass er Instandhaltungsarbeiten an verschiedenen Systemen meist in seine Frühschicht legt. Somit lernen auch die Auszubildenden, die in den ersten Monaten vorwiegend zu dieser Schicht im Betrieb sind, wie diese Arbeiten durchzuführen sind. Dieses On-the-Job-Training führt Herr Markovic auch mit erfahreneren KollegInnen durch, um sie ebenfalls in der Bedienung des neuen Anlagentyps zu schulen.

Rüstprozesse und Reinigungsarbeiten werden nicht mehr von Stanz- und Umformmechatronikern erledigt, sondern von Anlagenbedienern und Einrichtern. Die Robustheit und Autonomie der Anlagen sowie das Wegfallen von Rüst- und Reinigungsprozessen erlaubt es, die Anlagen flexibel mobil zu orchestrieren. Herr Markovic nutzt dies besonders in der Nachtschicht. Tritt ein Störfall auf, entscheidet er selbstständig, welche Maßnahmen ergriffen werden. Kleinere Auffälligkeiten lassen sich oft aus der Fernwartung beheben. Bei unerwartet komplexeren Problemen kontaktiert Herr Markovic seine TeamkollegInnen in der Produktion vor Ort. Diese ermöglichen ihm mittels Augmented Reality (AR) einen Blick auf die Anlage zu werfen und gemeinsam mit KollegInnen vor Ort die meisten Fehler zu beheben. Die mobile Arbeit ist in der Produktion so geregelt, dass die Beschäftigten innerhalb kürzerer Zeit notfalls auch zum Standort kommen können. Bei größeren Problemen beheben Herr Markovic und weitere SpezialistInnen diese gemeinsam vor Ort.

### Kompetenzen 2030 und Maßnahmen zur Befähigung der Beschäftigten

Die Stellenbezeichnung wird 2030 eher „Stanz- und Umformmechatroniker“ lauten. Dies begründet sich maßgeblich durch die komplexeren Anlagen, die mit vielen Elektronikkomponenten ausgestattet sind. Um die Anforderungen zu erfüllen, sind ergänzend zum Status quo 2020 folgende Kompetenzen erforderlich: Berufsspezifische und technologische Kenntnisse in den Bereichen Steuerungstechnik, Elektrik > 220V, Optik und Pneumatik, sichere Bedienung der Anlagensoftware, hohes Sicherheits-/ Qualitäts-/ Umweltbewusstsein, Flexibilität, eigenständige Arbeitsweise, hohe Entscheidungsfähigkeit, Priorisierung von Aufgaben, Problemlösefähigkeiten, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Wissensvermittlung, und das Anleiten von KollegInnen.

Diese und weitere Rollen bzw. Kompetenzprofile wurden von KKS in einem für das gesamte Unternehmen entwickelten „Kompetenz-Baukasten“ definiert. Die Führungsverantwortlichen aller Bereiche, sowohl operativ als auch administrativ, haben zunächst als Zwischenschritt für das Jahr 2025 gemeinsame Ziele festgelegt und daraus abgeleitet, welche Kompetenzen bspw. im Bereich Stanzen zukünftig erforderlich sein werden. Nachdem die zukünftigen Rollen festgelegt sind, können Beschäftigte wie Herr Markovic über verschiedene Maßnahmen für ihre Aufgaben 2030 befähigt werden. Zunächst wird

es erforderlich sein, technologische und berufsspezifische Kenntnisse (Elektronik, Steuerungstechnik, Optik) zu vermitteln. Dies kann bspw. über Weiterbildungsmaßnahmen außer Haus oder zunehmend auch über e-Learning-Angebote erfolgen. Auch die IHK-Ausbildung in diesem Bereich müsste angepasst werden. Das ehemals eher starre Ausbildungssystem sollte flexibilisiert werden. Unternehmen könnten zusätzlich zu einer standardisierten Grundausbildung weitere Vertiefungsmodule für ihre Auszubildenden, bspw. im Bereich Elektronik oder Pneumatik, wählen. Von jüngeren Beschäftigten wird erwartet, dass diesen der Umgang mit Tablets und Smart Glasses leichter fällt. Daher könnten ältere Beschäftigte über ein Tandem-Modell in die sichere Bedienung neuer Technologien durch jüngere KollegInnen eingeführt werden, während diese Prozesswissen vermittelt bekommen.

Zusammenarbeit und Führung werden bei KKS als wichtige Instrumente für den gemeinsamen Erfolg verstanden. Analog zu einer Fußballmannschaft und ihrem Umfeld wurden 12 Erfolgsgeheimnisse anhand der Dimensionen Spieler, Team, Trainer und Club verdeutlicht. Durch diese Analogie können Aufgaben der Spieler analog zu den Spielpositionen auf dem Fußballplatz, das Zusammenspiel im Team, die Aufgaben der Trainer als Führungskräfte und das Zusammenwirken aller Einzelteile im Club jedem zugänglich gemacht werden. Die wesentliche Basis dieser Prinzipien stellen das Verständnis als Mannschaft und eine hohe Vertrauensbasis dar. Diese Vertrauensbasis wird insbesondere in der Zukunft benötigt, wenn sich Handlungsspielräume für Mitarbeiter erweitern und ein klares Zusammenspiel im Team verankert sein muss. Jeder muss in der Lage sein, den blinden Pass auf den Mitarbeiter zu spielen, also seinen und den Entscheidungsraum anderer zu kennen und ihn auch effizient zu nutzen, um gemeinsam erfolgreich zu sein. Diese Werte und Prinzipien für gute und langfristige Mitarbeitendenbeziehungen sind fest in der Unternehmenskultur verankert, nicht zuletzt durch die KOSTAL Werte und den Ansatz zu Zusammenarbeit und Führung. [76]

Bild 5 stellt die Persona 2020 und 2030 für KKS zusammenfassend gegenüber:

 <p><b>Marco Marcovic</b> Stanz- &amp; Umformmechaniker im Schichtbetrieb</p> <p><b>Persönliches Profil</b></p> <p><i>Alter</i> 34 Jahre <i>Wohnort</i> Lüdenscheid <i>Lebenssituation</i> Verheiratet, 2 Kinder <i>Hintergrund</i> Migrationshintergrund <i>Sprachen</i> Deutsch, Serbisch</p> <p><i>Werte</i> Heimatverbundenheit Familie</p>	2020	<p><b>Kompetenzen / Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstständige, sorgfältige Arbeitsweise</li> <li>• Mehrjährige Berufserfahrung</li> <li>• Ausgeprägtes technisches Verständnis</li> <li>• Bedienung der Anlagensoftware</li> <li>• Qualitäts-, Umwelt- &amp; Sicherheitsbewusstsein</li> </ul>	<p><b>Arbeitsinhalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedienung, Steuerung und Einrichtung der Stanzmaschine</li> <li>• Optimierung von Prozessabläufen</li> <li>• Produkt- und Materialprüfungen</li> <li>• Wartung / Störungsbehebung von Komponenten &lt; 220 V</li> </ul>
	2030	<p><b>Kompetenzen / Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologische und berufsspezifische Kenntnisse (Steuerungstechnik, Elektrik, Optik, Pneumatik)</li> <li>• Flexibilität; Teamfähigkeit, Kommunikation</li> <li>• Problemlose-, Entscheidungsfähigkeit, Priorisierung von Aufgaben</li> <li>• Eigenverantwortung</li> </ul>	<p><b>Arbeitsinhalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orchestrierung der Stanzmaschinen</li> <li>• Vorausschauende Instandhaltungsarbeiten inkl. Komponenten &gt; 220 V (Frühschicht)</li> <li>• Remote Expert über AR, Notfalleinsatz vor Ort (Spät-/ Nachtschicht)</li> <li>• Aus- und Weiterbildung von KollegInnen</li> </ul>

Bild 5: Persona KOSTAL Kontakt Systeme – 2020 vs. 2030

## **4.2 Fallbeispiel 2: Henkel AG & Co. KGaA**

### **Unternehmensbereich Laundry & Home Care – Weltweiter Marktführer für Wasch- und Reinigungsmittel**

Die Konzernzentrale und auch der global zweitgrößte Produktionsstandort der Henkel AG & Co. KGaA liegen im nordrhein-westfälischen Düsseldorf. Hier arbeiten ca. 5.800 Beschäftigte aus mehr als 70 Nationen. Henkel bildet in Düsseldorf in 18 Berufen aus. Die Fläche des Werksgeländes umfasst 1,4 km<sup>2</sup>. [77]

### **Beschäftigung in der Produktion**

#### Arthur Schäfer 2020

Die Persona Arthur Schäfer arbeitet seit 15 Jahren bei der Fima Henkel am Standort Düsseldorf als Linientechniker im Bereich Pressen, in dem bspw. Spülmaschinentabs der Marke Somat hergestellt werden. Nach dem Realschulabschluss hat der heute 43-Jährige seine Ausbildung im technischen Bereich in einem mittelständischen Betrieb in Hessen absolviert und dort einige Jahre gearbeitet. Nachdem er seine heutige Ehefrau kennengelernt hat, sind sie in ihre Heimat nach Neuss gezogen, wo sie seitdem mit ihren beiden Kindern leben. Beide haben russische Wurzeln und einen großen russischstämmigen Freundeskreis. Herr Schäfer spielt mit seinen Kindern regelmäßig Konsolenspiele. Seit neustem besitzt die Familie auch Virtual Reality (VR)-Spiele. Zur Kommunikation und zur Informationsbeschaffung werden meist Smartphone oder Tablet genutzt.

Bei seiner Arbeit benötigt Herr Schäfer bislang wenige neuere Technologien. Die Kommunikation findet vorwiegend persönlich oder mit dem Festnetztelefon statt. Seit ein paar Monaten wird allerdings als neues Kommunikationsmedium die Videotelefonie mit Skype getestet. Seine Hauptaufgaben bestehen darin, einen einwandfreien Produktionsablauf der zugeordneten Anlage sicherzustellen. Dies umfasst insbesondere auch regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen und die Behebung von Störungen. Dazu sind zunehmend Herrn Schäfers Kompetenzen zur eigenständigen Problempriorisierung gefragt. Zur Ausführung dieser Tätigkeiten genügen klassische Werkzeuge und ein PC, mit dessen Hilfe er die Daten zur Online-Effizienz-Dokumentation erfasst. Er arbeitet in einem teilkontinuierlichen Wechselschichtsystem; fünf Tage pro Woche, jeweils eine Woche Früh-, Spät- oder Nachtschicht. Zusätzlich zu seinen Kernaufgaben führt er Flurförderfahrzeuge und ist auch für die Reinigung seiner Anlagen zuständig. Wie seine KollegInnen, notiert Herr Schäfer auf dem analogen Shopfloorboard regelmäßig nach Schichtende festgelegte Kennzahlen wie die Ausschussquote. Zusätzlich hat er die Möglichkeit, Auffälligkeiten oder Verbesserungsvorschläge aufzuschreiben, die von den Vorgesetzten bearbeitet und entsprechend gekennzeichnet werden. Somit konnte Herr Schäfer bereits in Zusammenarbeit mit seinen KollegInnen die Prozesse verbessern und gleichzeitig seine Arbeit komfortabler gestalten. In den nächsten zwei Jahren strebt er eine Weiterbildung als Schichtleiter an, da er, auch durch diese Maßnahmen, motiviert ist weiter Verantwortung zu übernehmen.

#### Arthur Schäfer 2030

Arthur Schäfer ist im Jahr 2030 weiterhin bei Henkel im Bereich Pressen tätig. Als Teilbereichsverantwortlicher hat er mehr Verantwortung übernommen. Er überwacht mehrere, unterschiedliche Anlagen in seinem Produktionsabschnitt. In seinen Verantwortungsbereich fällt auch die Schichtplanung und Koordination seiner KollegInnen. Um seine Aufgaben zu erfüllen, ist es besonders wichtig, dass er stets einen guten Überblick über wichtige Kennzahlen und den Produktionsprozess hat. Dies erlaubt ihm, in seinem Verantwortungsbereich Entscheidungen selbstständig zu treffen. Durch seine Methoden- und Digitalkompetenz kann er sich selbst Informationen beschaffen, diese bewerten und

interpretieren, sodass er auch kleinere Verbesserungsmaßnahmen eigenständig mit seinem Team umsetzt. Da er für mehrere Anlagentypen verantwortlich ist, hat er sich breites Wissen über die Funktionsweise und technischen Spezifikationen der einzelnen Typen aufgebaut, sodass er häufiger auftretende Probleme selbst lösen kann. Bei spezifischen Fragestellungen und Entscheidungen, die seinen Verantwortungsbereich überschreiten, kann er sich an eines der global verteilten Kompetenzzentren wenden. Dort sitzen ExpertInnen, welche die Beschäftigten an den verschiedenen Standorten in komplexeren Sachverhalten unterstützen. So kann Herr Schäfer bei komplexen Störungen an seinen Anlagen Unterstützung von KollegInnen aus den Kompetenzzentren anfragen. Während seiner Tätigkeit achtet er darauf, Energieressourcen zu schonen. Ebenso hat sich auch ein Teil der Rohstoffe geändert, um die Produkte mitsamt der Verpackung möglichst nachhaltig zu gestalten.

#### Kompetenzen 2030 und Maßnahmen zur Befähigung der Beschäftigten

Um die Anforderungen zu erfüllen, die sich aus dem dargestellten Tätigkeitsprofil ergeben, werden 2030 folgende Kompetenzen wichtig: Ganzheitliches Verständnis über den Produktionsprozess, Kenntnisse über die Funktionsweise der Anlagen, Methodenkompetenz, Technologievertrauen und sichere Nutzung, hohes Sicherheits-/ Qualitäts-/ Umweltbewusstsein, eigenständige Arbeitsweise, hohe Entscheidungsfähigkeit, Priorisierung von Aufgaben, Teamfähigkeit, und Kommunikationsfähigkeit.

Durch die Initiative „Digital Upskilling“ [78], welche Anfang 2019 konzernweit gestartet worden ist, befähigt Henkel die Beschäftigten für die Arbeit der Zukunft. Als agiles Trainingsprogramm wird es sukzessive mit den Projektteams aus verschiedenen Bereichen entwickelt. Diese Vorgehensweise erlaubt es, Inhalte, Kompetenzen, Technologie und Kultur parallel zu fokussieren [79].

2030 haben Beschäftigte wie Herr Schäfer eine maßgeschneiderte Weiterbildung zunächst zu digitalen Grundkenntnissen erhalten. Über Online-Plattformen wurde ein einheitliches Verständnis über Begrifflichkeiten wie Industrie 4.0 oder Cloud-Technologien geschaffen. Nachfolgend wurde er zu fachspezifischen, technologischen Themen im Bereich IT-Anwendungen in der Produktion und grundlegender Analytik weitergebildet. Dies befähigt ihn bspw. die Funktionsweise von Entscheidungsunterstützungssystemen nachvollziehen zu können und erhöht zugleich das Vertrauen in diese Systeme.

Aufgrund der globalen Verteilung ist es wahrscheinlich, dass die ExpertInnen Englisch sprechen. Um Beschäftigte ohne sichere Sprachkenntnisse zu unterstützen, ist es denkbar, eine KI-basierte Simultanübersetzung in Anspruch zu nehmen. Über AR-Anwendungen können so einerseits Bild und Ton übermittelt, andererseits auch Anleitungen und Feedback in beliebiger Sprache zurückgespielt werden. Dies ermöglicht den Beschäftigten verschiedener Ebenen, die globalen Kompetenzzentren zu nutzen bzw. auch Teil dieser zu werden.

Bild 6 stellt die Persona 2020 und 2030 für Henkel zusammenfassend gegenüber:

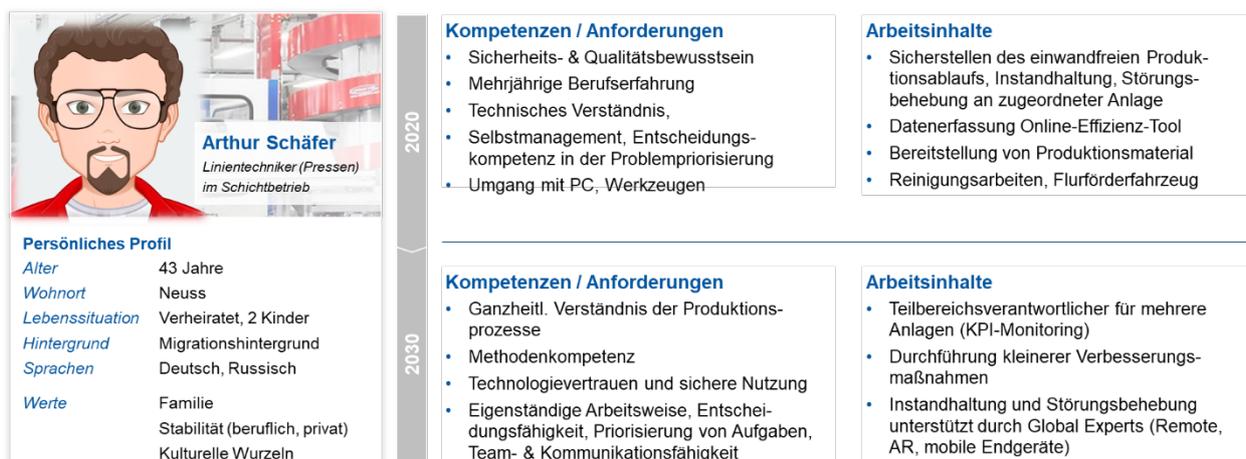


Bild 6: Persona Henkel – 2020 vs. 2030

### 4.3 Implikationen für die zukünftige Beschäftigungsfähigkeit

Zusammengefasst lassen sich zukünftig aus Sicht des Expertenteams am Beispiel der beiden Unternehmen KKS und Henkel die Tätigkeitsprofile der Beschäftigten in zwei Kategorien unterteilen. In Abhängigkeit des Tätigkeitsprofils und der zu erledigenden Aufgaben ist es wahrscheinlich, dass sich einerseits generalistische, andererseits spezialisierte Kompetenzprofile herausbilden.

Generalistisch geprägte Profile auf Shopfloorebene zeichnen sich durch ein ganzheitliches Prozessverständnis aus. Wichtig werden hierbei Methodenkompetenzen im Bereich des Selbstmanagements. Da die Beschäftigten in diesen Bereichen auf ExpertInnen zurückgreifen können, sind sie eher in der Lage, auch andere Anlagentypen zu bedienen und entsprechend anpassungsfähig. Ebenso erfordert die Notwendigkeit sich anleiten zu lassen, ein gewisses Maß an Flexibilität, Kommunikationsfähigkeit und sozialer Kompetenz. Besonders wenn auf globale Netzwerke zurückgegriffen wird, aber auch im Umgang mit zunehmender Diversität in deutschen Unternehmen, ist interkulturelle Kompetenz gleichsam bedeutend.

Die Gruppe der Spezialisten wiederum ist geprägt durch tieferes Technikverständnis. Durch die wachsende Komplexität der Fertigungsanlagen werden interdisziplinäre Kenntnisse zunehmend wichtiger. So werden auch bei ehemals eher klassischen technischen Berufen, Kenntnisse über Elektrik oder allgemeine physikalische Zusammenhänge wichtiger. Da die Anforderungen im Bereich naturwissenschaftlicher Grundkenntnisse hier bereits zu Beginn der Ausbildung hoch sind, wird angenommen, dass zukünftig das (Fach-)Abitur Voraussetzung für diese Berufe sein wird.

Für beide Gruppen gilt, dass sich die Anforderungen in Bezug auf technologische Fachkenntnisse erhöhen. Im IoP müssen auch Beschäftigte auf Shopfloorebene grundsätzliche Zusammenhänge aus Daten erkennen können. Im Bereich der Generalisten wird angenommen, dass diese bereits soweit aufbereitet sind, dass direkte Handlungsempfehlungen ausgegeben werden. Da aber in diesem Kontext mit Wahrscheinlichkeiten gerechnet wird, die mit Unsicherheiten einhergehen, obliegt es den Beschäftigten auch hier kritisch hinterfragen zu können, ob diese Empfehlungen ohne Einschränkungen umsetzbar sind. Treten daher, basierend auf einem übergreifenden Prozessverständnis und einem Grundverständnis über die Arbeitsweise der Entscheidungsassistenzsysteme, Zweifel auf, können zur weiteren Interpretation der Empfehlungen ExpertInnen aus bspw. übergeordneten Kompetenzzentren herangezogen werden.

Im Bereich der Spezialisten ist es wahrscheinlicher, dass diese keine direkten Handlungsempfehlungen angezeigt bekommen. Sie nehmen im Rahmenmodell des IoP die Rolle der sog. *Smart Experts* ein. Basierend auf ihrem Technikverständnis sind die Smart Experts in der Lage, auch selbständig Zusammenhänge ableiten zu können, sodass sie bspw. die Prozessdaten einer Anlage analysieren und interpretieren können, um selbst Änderungen im Prozess vorzunehmen oder aber die gewonnenen Erkenntnisse an KollegInnen in Form von klaren Anweisungen weiterzugeben. Dazu müssen sie mit entsprechender Software und verschiedenen Endgeräten, z. B. den Umgang mit Smart Glasses oder Tablets in Verbindung mit Software wie *oculavis Share*, die den Remote Support unterstützt, sicher umgehen können. Auf der Shopfloorebene ist allerdings davon auszugehen, dass sich die Analysen auf grundlegende Statistik beschränken, die bereits heute schon auf dieser Ebene Verwendung findet. Komplexere Untersuchungen werden von Datenanalysten durchgeführt. Zusammengefasst verfügt der Smart Expert über vertieftes technisches Wissen für sein spezifisches Aufgabengebiet sowie Basiswissen über die Grundlagen des IoP. Komplettiert wird das Profil des Smart Expert über fundierte Methodikkompetenzen, insbesondere im Bereich Digital- und Datenkompetenz, die es ihm/ ihr erlauben, basierend auf den Daten des IoP, Entscheidungen zu treffen und diese über verschiedene Kommunikationswege an KollegInnen weiterzugeben.

Allgemein wird bei beiden Profilen eine hohe Technologieakzeptanz essentiell sein. Handlungsempfehlungen können durch KI bspw. auf mobilen Endgeräten, z. B. Tablets oder Smart Glasses ausgegeben werden, weswegen eine hohe Akzeptanz und ein sicherer Umgang mit diesen Technologien erforderlich ist. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass durch die zunehmende Komplexität der Fertigungsanlagen ein größer werdender Anteil der Qualifizierung in den Unternehmen selbst stattfinden muss. Werden heute die Auszubildenden in den ersten sechs Monaten vorwiegend in Berufsschulen ausgebildet, so wird die Qualifizierung innerhalb der Unternehmen früher erwartet. Dies hat den Vorteil, dass Auszubildende parallel Theorie und Praxis verknüpfen und spezifische Fragestellungen direkt zu Beginn besprochen werden können. Allgemein wird erwartet, dass in der initialen Vermittlung der Grundlagen, neben Themen wie Organisation und Rollenverteilung in produzierenden Unternehmen, ein stärkerer Fokus auf Daten und Statistik gelegt wird, z.B. welche Typen von Fertigungsdaten und welche Analyseformen gibt es und wie kann mit Unsicherheiten umgegangen werden. Eine weitere Kernkompetenz, die bereits im Jahre 2020 wichtig ist, wird das lebenslange Lernen sein. Dies gilt besonders für ältere Beschäftigte über 50 Jahre, deren Anteil 2030 tendenziell zunehmen wird. Sie werden motiviert, sich auch im höheren Alter, kontinuierlich über Weiterbildungen fortzubilden. Als Grundlage hierfür gilt die innere Einstellung, sich Veränderungen nicht nur anpassen zu können, sondern diesen offen gegenüberzustehen, um Innovationen im Unternehmen mitzumsetzen und so zur Wettbewerbsfähigkeit beizutragen.

Die in den Use Cases KKS und Henkel als besonders relevant identifizierten KSAOs sind nachfolgend entsprechend des in Kap. 1.2 eingeführten theoretischen Modells zur industriellen Beschäftigungsfähigkeit hervorgehoben:

- (1) Berufs- und technologisches Fachwissen: *Lebenslanges Lernen, Technologieakzeptanz, IKT-Kompetenz, technisches Grundverständnis, ganzheitliches Prozessverständnis, grundlegende Datenkompetenz.*
- (2) Anpassungsfähigkeit: *Flexibilität, Offenheit, Adaptionsvermögen, Lernbereitschaft.*
- (3) Soziale Fähigkeiten: *Teamfähigkeit, Kommunikationskompetenz, kulturelle Kompetenz.*

- (4) Selbstmanagement: *Eigenverantwortung, selbständiges Arbeiten, Zeitmanagement, Problemlösefähigkeit, Entscheidungsfähigkeit, kritisches Denken.*

Als Implikation für zukünftige Beschäftigungsfähigkeit lässt sich festhalten, dass innerhalb eines Unternehmens beide Profile wichtig sind. Um erfolgreich Werte aus den Potenzialen des IoP mithilfe der Beschäftigten und ihren Kompetenzen zu generieren, ist eine Kombination aus Generalisten und Spezialisten erforderlich. Wie die Anteile gewichtet sein müssen, ist für jedes Unternehmen individuell festzulegen, da die Anforderungen abhängig von Produkten, Produktionsprozessen, Organisationsstruktur etc. sind.

## **5 Handlungsempfehlungen**

Ausgehend von dem entwickelten Szenario 2030 und den aufgeführten Fallbeispielen lassen sich Handlungsempfehlungen für eine langfristig erfolgreiche Beschäftigungsfähigkeit formulieren.

### **Soziopolitische Faktoren: Übergreifende Empfehlungen für den Industriestandort Deutschland**

Auf der Ebene soziopolitischer Faktoren wird zunächst aus gesellschaftlicher und politischer Perspektive betrachtet, wie sich die Industrielle Beschäftigungsfähigkeit der erwerbsfähigen Bevölkerung bspw. über Gesetzgebungen oder Bildungsstandards sicherstellen und gezielt fördern lässt. Politik und Gesellschaft haben die gemeinsame Aufgabe, lebenslanges Lernen als eine kontinuierliche Befähigung und Weiterbildung zu ermöglichen, anstatt Bildung statisch auf die ersten Lebensphasen zu legen [80]. Eine Hauptaufgabe wird die Befähigung der erwerbsfähigen Bevölkerung sein, die Potenziale der Digitalisierung souverän handzuhaben [80]. Dies lässt sich unter dem Begriff „Digitalkompetenz“ zusammenfassen. Diese wird verstanden als Fähigkeit zum kompetenten Umgang mit digitalen Technologien, zum eigenständigen und verantwortungsvollen Handeln in der digitalisierten Lebenswelt sowie als gesellschaftlich relevante Kulturtechnik [81].

Zur Förderung der Digitalkompetenz ist 2019 der DigitalPakt Schule bundesweit gestartet. Dieser stellt die rechtlichen Rahmenbedingungen und finanziellen Ressourcen zur Verfügung [82]. Die finanziellen Mittel erlauben es, Schulen technisch auszustatten und in der Erstellung eines zukunftsweisenden Medienkonzepts zu unterstützen. Um eine professionelle Vermittlung von Medien- und Digitalkompetenzen zu gewährleisten, ist es ebenso notwendig, die Lehrkräfte im Informatikbereich weiterzubilden [83]. Für die Umsetzung sind maßgeblich die Länder verantwortlich, z. B. Infrastrukturen zu schaffen, adaptierte Lehrinhalte und Lernziele in Lehrplänen umzusetzen und die Lehrkräfte fortzubilden [80].

Für die Zukunft könnte diskutiert werden, die Lehrinhalte bundesweit zu standardisieren. Die Ausbildung der Digitalkompetenz beginnt spätestens im Grundschulalter. Bereits dann sollten SchülerInnen an den kompetenten Umgang mit digitalen Medien und den Auswirkungen auf verschiedene Lebensbereiche herangeführt werden. In der Sekundarstufe ist es notwendig, das technische Grundverständnis zu lehren [80]. Wichtig sind z. B. die Vermittlung grundlegender Statistik als Basis von komplexeren Algorithmen und erster Programmierkenntnisse, sodass SchülerInnen in die Lage versetzt werden, die Mechanismen hinter vielen digitalen Angeboten nachvollziehen zu können und diese auch kritisch zu hinterfragen. Zusätzlich ist es zukünftig weiterhin wichtig, verstärkt naturwissenschaftliche und technische Grundlagen zu vermitteln, da diese bspw. die Grundlage zum Verständnis vieler Fertigungsprozesse darstellt.

Die Vermittlung der Digitalkompetenz setzt sich in der weiterführenden Ausbildung fort. Universitäten werden ebenso wie Schulen die Infrastruktur zur Digitalisierung in der Lehre anpassen müssen [83]. Zudem ist es erforderlich, auch die Inhalte der universitären Lehre zu reformieren. Initiativen wie das Förderprogramm „Data Literacy Education.nrw“ unterstützen bspw. die RWTH Aachen seit Januar 2020 darin, Studierende aller Fakultäten Datenkompetenzen, z. B. in der Analyse und Interpretation großer Datenmengen, zu vermitteln.

Im Bereich der beruflichen Ausbildung wird ebenfalls eine Anpassung der Inhalte und genutzten Medien erforderlich. Besonders in den produktionstechnischen Ausbildungsberufen wird eine umfassende Anpassung der Inhalte, aufgrund der Änderungen durch Industrie 4.0 notwendig sein. Dazu sollten die aktuell sehr starren Ausbildungsrichtlinien flexibilisiert werden. Neben notwendigen Grundlagen, die weiterhin verpflichtend für alle Auszubildenden eines Berufszweigs sein müssen, könnte bspw. eine Auswahl zusätzlicher modularisierter Inhalte angeboten werden. Diese sollten von den Ausbildungsbetrieben ausgewählt und mit entsprechendem Praxisanteil in den Unternehmen vermittelt werden. Zugleich ist zu empfehlen, während der Ausbildung einen früheren Kontakt mit der praktischen Arbeit in der Produktion zu realisieren, um die Auszubildenden zu motivieren und das theoretisch Gelehrte durch praktische Beispiele vor Ort zu manifestieren.

Eine konkrete Maßnahme in diesem Bereich, in der die verschiedenen Institutionen zur beruflichen Aus- und Weiterbildung unterstützt werden, ist das im Oktober 2018 gestartete Projekt „NRWgoes.digital“. Die landesweite Qualifizierungsoffensive zur Digitalisierung im dualen System befähigt Ausbildungspersonal aus den Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, Lehrkräfte der technisch-gewerblichen Berufskollegs und Auszubildende im Maschinenbau zur zukünftigen Arbeit in Industrie 4.0 [84]. Die Qualifizierungen werden in drei Bausteinen umgesetzt. In der ersten Fortbildungsoffensive für Lehrkräfte und Ausbildungspersonal werden ganzheitliche und interdisziplinäre Kompetenzen, bspw. zur Smart Maintenance oder der Umgang mit Big Data und IT Security, an die Multiplikatoren vermittelt, um ihnen den Prozess und die Teilprozesse entlang der Wertschöpfungskette eines Produktionsnetzwerks der Smart Factory zu verdeutlichen. Der zweite Baustein besteht in der Entwicklung der neuen Lernmaterialien. Im Mobile Learning System werden für die Multiplikatoren Schulungsmaterialien mit dem Fokus auf eine hohe Fachlichkeit und für die Auszubildenden didaktisch aufbereitete Arbeitsmaterialien mit dem Fokus auf konsequente Handlungsorientierung zur Verfügung gestellt. Der dritte Baustein ist die Zusatzqualifikation „Digitale Fertigungsprozesse“, die zukünftig an den Berufskollegs in NRW angeboten wird. Mit der Zusatzqualifikation wird den Auszubildenden die Möglichkeit gegeben, sich entlang der Wertschöpfungskette die Prozesse einer Smart Factory zu erarbeiten und sich damit Fachwissen für die zukünftigen Veränderungen im Sinne der Industrie 4.0 anzueignen. Neben den klassischen Präsenzveranstaltungen werden neue und innovative Lehr- und Lernformen angewendet, z. B. durch Einbindung von digitalen Medien, orts- und zeitungebundenen Projektarbeiten und Webinaren [84].

Abschließend lässt sich weiterhin festhalten, dass es sowohl an Universitäten als auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung erforderlich ist, gezielt lebenslanges Lernen zu vermitteln und zu fördern, da zu erwarten ist, dass Gelerntes zukünftig noch schneller überholt sein wird [80,85]. Dies wird besonders Unternehmen vor (monetäre) Herausforderungen stellen. Der Bund und die Länder können durch praxisnahe Forschungsförderung unterstützen, sodass erforderliche Kompetenzen identifiziert und geeignete Maßnahmen zur Vermittlung entwickelt werden können. Unmittelbar kann der Staat über Steuervorteile Unternehmen motivieren, in Weiterbildungsprogramme zu investieren.

Durch eine gezielte Förderung würde der gesellschaftliche Stellenwert des lebenslangen Lernens als Maßnahme zur Erhöhung der Beschäftigungsfähigkeit der Bevölkerung hervorgehoben, was langfristig Wettbewerbsvorteile und die Innovationsfähigkeit Deutschlands sichert [86].

### **Faktoren auf Arbeitgeberseite: Empfehlungen auf Unternehmensebene**

Unternehmen sind besonders im Bereich der beruflichen Weiterbildung maßgeblich für die Weiterqualifizierung der Beschäftigten verantwortlich. Wie bei Henkel und KKS ist es zunächst erforderlich, die Umstellung auf kontinuierliches Lernen als Change Projekt im Unternehmen zu etablieren und Rahmenbedingungen zu schaffen [85]. Die oberste Führungsebene sollte sukzessive eine lernförderliche Unternehmenskultur und Personalführung aufbauen, die der fortlaufenden Qualifizierung einen hohen Stellenwert gibt [87]. Dies beinhaltet die Freigabe finanzieller Mittel, eine Erhöhung der Sichtbarkeit umgesetzter und geplanter Maßnahmen und besonders die Vorgabe einer grundlegenden Stoßrichtung [85,88]. Eine Integration des Lernens in die Unternehmenskultur impliziert auch Betriebsvereinbarungen zu Lernzeiten, um ein Lernen während der Arbeitszeit zu ermöglichen, und besonders auf der Shopfloorebene entsprechende Entlohnungsregelungen, z. B. Akkordlöhne, die einem Lernen während der Arbeitszeit nicht entgegenstehen [87]. Weiterhin bietet es sich an, die Lernaktivitäten in das Leistungsprofil der Beschäftigten zu integrieren und Lernen als Teil des regulären Arbeitspensums zu etablieren [85].

Das mittlere Management und das Fachpersonal ist dafür verantwortlich, allgemeinere Vorgaben in konkrete Kompetenzen und Lernaktivitäten zu übertragen [85]. Dies umfasst z. B. das Entwerfen neuer Tätigkeitsprofile und die Ermittlung des Schulungsbedarfs einzelner Beschäftigter über eine Abfrage des Status quo relevanter Kompetenzen.

Auf Unternehmensebene können die Beschäftigten und zukünftigen Auszubildenden besonders durch arbeitsplatznahes Lernen und entsprechende organisationale Strukturen des Arbeitsprozesses wie digitalisierte Geschäftsprozesse, Wissenstransfer, aber auch On-the-Job-Training und Tandem-Modelle mit altersgemischten Teams, bei dem mindestens zwei Beschäftigte an einer Anlage tätig sind, gefördert werden [87,89,90].

Eine geeignete Form für das Lernen am Arbeitsplatz ist bspw. die Bereitstellung von kleinen modularen Lerninhalten, das sogenannte Micro-Learning, in dem grundlegende Begrifflichkeiten und Zusammenhänge vermittelt werden [86]. Im Bereich der Produktion würden sich hier Informationen über die Zusammensetzung wichtiger Kennzahlen, die für die Beschäftigten entscheidungsrelevant sind, eignen. Demnach wäre zu klären, welche Daten dort einfließen und wie die Berechnung erfolgt. Eine weitere Form der Wissensvermittlung stellt die Bereitstellung von Informationen zu einzelnen Prozessschritten durch Assistenzsysteme dar [87]. Ergänzend zu der Funktion als Unterstützungssystem lassen sich bspw. auch AR-Anwendungen nutzen, um über Smart Glasses Beschäftigte in der Bedienung komplexer Anlagen oder neuer Montageprozesse zu trainieren.

Neben Maßnahmen, in denen die Beschäftigten vorwiegend auf sich alleine gestellt lernen, fördern Konzepte, in denen mehrere Mitarbeitende zusammenarbeiten, zugleich Kommunikationskompetenz, Teamfähigkeit und soziale Intelligenz. Eine Möglichkeit, die auch im Projekt „NRWgoesdigital“ umgesetzt wird, sind die sog. Train-the-Trainer-Konzepte. Darin werden ausgewählte und didaktisch geschulte Mitarbeitende extern bspw. in neuen Fertigungstechnologien oder in der Bedienung und Instandhaltung einer neuen Anlage geschult. Diese Mitarbeitenden geben dann im Betrieb ihr Wissen weiter. Ein ähnliches Modell stellt das Tandem-Prinzip dar. Dies ist besonders in der Vermittlung von Inhalten zur Technologieakzeptanz und im späteren Umgang sowie zur Verfestigung von Prozesswissen und der Weitergabe von Expertenwissen geeignet [89]. Eine weitere bedarfsorientierte Qualifizierungsmaßnahme stellt die Job Rotation dar [89]. Durch den

Wechsel der Tätigkeiten, bspw. durch das Bedienen verschiedener Anlagentypen lernen die Beschäftigten am Arbeitsplatz neue Inhalte kennen. Erfahrenere KollegInnen geben ihr Wissen weiter, wodurch der Erfahrungsaustausch und die Teamfähigkeit gefördert werden. Ebenso trainieren die neuen Aufgaben und wechselnde Teams die Beschäftigten in ihrer Flexibilität und Anpassungsfähigkeit.

### **Faktoren auf Arbeitnehmerseite: Empfehlungen auf Individualebene der Beschäftigten**

Neben unternehmensinduzierten Personalentwicklungsprogrammen wird es zukünftig auch stark von jedem Einzelnen abhängen, inwiefern er oder sie bereit ist, seine Beschäftigungsfähigkeit zu erhalten und durch entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen weiter auszubauen. Das Rahmenprogramm muss von der Politik, Ausbildungsstätten und den Unternehmen bereitgestellt und kontinuierlich aktuell gehalten werden. Beschäftigte und Auszubildende müssen relevante Qualifizierungsmaßnahmen in entsprechendem Umfang und hoher Qualität wahrnehmen können. Doch auch bei einem vielfältigen Angebot und individueller Förderung obliegt es den Einzelnen, ob und wie sie dies in Anspruch nehmen. Eine offene und motivierende Unternehmenskultur ist förderlich, möglichst viele Beschäftigte zu erreichen und diese zu einer aktiven Teilnahme an konkreten Qualifizierungsmaßnahmen zu motivieren [85]. Zugleich sollten Beschäftigte zukünftig jedoch auch verstärkt selbst aktiv nach Möglichkeiten zur Weiterbildung suchen und sich ggf. berufsbegleitend weiter qualifizieren, um gestiegenen Anforderungen, z. B. im IT-Bereich, gerecht zu werden. Weiterhin gilt, dass zukünftige Qualifizierungsformen häufig eine hohe Selbstorganisations- und Medienkompetenz erfordern [87]. Besonders letztere ist aktuell nicht immer in ausreichendem Maße vorhanden [87], obwohl diese zukünftig in nahezu allen Bereichen relevant sein wird und von den Unternehmen eingefordert werden kann. Für solche Kompetenzen, worunter bspw. auch ein Grundverständnis über Begrifflichkeiten im Themenfeld „Digitalisierung“ zählt, eignen sich bspw. private Weiterbildungen. Zur Vermittlung einer grundlegenden Medienkompetenz werden z. B. Weiterbildungen zum Umgang mit digitalen Medien über Volkshochschulen angeboten. Bei schon bestehenden Grundkenntnissen eignen sich offene Onlinekurse (MOOCs) für spezifische Angebote, z. B. über Datensicherheit oder Data Analytics. In Kombination einzelner Module könnten über dieses Format auch Produktionsmitarbeitende mit vertieften Kenntnissen der unternehmensspezifischen Prozesse und Anlagen besonders in den Bereichen Methodenkompetenz und Basiswissen zu Industrie 4.0 und dem IoP zu Smart Experts weiterbilden. Diese Kurse ermöglichen allen Interessierten, sich gezielt in ihrem eigenen Tempo weiterzubilden. MOOCs sind meist kostenlos; gegen eine Gebühr und entsprechende Nachweiserbringung werden aber auch Zertifikate ausgestellt, die das Erlernte belegen. Eng verknüpft mit der selbst-initiierten Weiterbildung, sind die innere Einstellung, offen gegenüber Neuem zu sein; sowohl bezogen auf organisationale Veränderungen als auch gegenüber neuen Technologien, sowie Notwendigkeit des lebenslangen Lernens selbst zu erkennen. Um dies jedoch erfolgreich umzusetzen, wird es zukünftig für Beschäftigte essentiell, eine gute Methodenkompetenz aufzuweisen, die es erlaubt, sich schnell in neue Prozesse und Fragestellungen einzufinden zu können und entsprechende Informationen zu beschaffen und zu bewerten. Weitere zukünftige Kernkompetenzen, die sehr mit hoher Anpassungsfähigkeit und einer offenen inneren Grundhaltung verbunden sind, stellen Team- und Kommunikationsfähigkeit dar. Initial lassen sich diese Kompetenzen bspw. über das Weiterbildungsangebot der Industrie- und Handelskammern trainieren. So werden bspw. Kurse zum Zeit- und Selbstmanagement oder zur Kommunikation angeboten. Allerdings haben diese Fähigkeiten und notwendigen inneren Einstellungen miteinander gemein, dass sie, je häufiger gefordert und angewandt, sich verfestigen. Eine

dynamische Verkettung von Qualifikation und Arbeitsplatz trägt durch ihre räumliche Integration zu einem effizienten Übergang in den Arbeitsalltag bei [88]; sowohl der vermittelten Kompetenzen als auch der dazu erforderlichen persönlichen Einstellungen.

## **6 Fazit und Ausblick**

Mit dem IoP wird die technologische Vision einer Industrie 4.0 Infrastruktur für produzierende Unternehmen bereits heute umgesetzt. Die damit einhergehenden Entwicklungen und Auswirkungen sind derzeit nicht vollkommen vorhersehbar – das gilt sowohl für das technologische als auch das soziale Teilsystem der Produktion. Insgesamt wird sich jedoch die Beschäftigungsfähigkeit in der Zukunft der Produktionsarbeit verändern. Konkrete Implikationen lassen sich ausgehend von dem entwickelten Zukunftsszenario in Kombination mit der Grundannahme, dass die Rolle des Menschen auch in 2030 und darüber hinaus unersetzlich für die Wertschöpfung ist, herleiten. Es hat sich gezeigt, dass zwei diametrale Kompetenz- bzw. Tätigkeitsklassen vorherrschen werden (Generalisten vs. Spezialisten, sog. Smart Experts). Diese zeichnen sich nicht durch eine erhöhte Anzahl, sondern einer veränderten Schwerpunktsetzung und Gewichtung einzelner KSAOs aus. Beispielsweise wird die Dimension Selbstmanagement insbesondere durch untergeordnete Kompetenzen wie Problemlösungsfähigkeit, Priorisierung von Aufgaben oder Entscheidungsfindung an Bedeutung gewinnen. Wenn Unternehmen ihr Geschäftsmodell anpassen und Beschäftigte der Produktion in der Folge Servicetätigkeiten bei den Kunden erbringen müssen, wird es noch wichtiger sein, dass sie selbstständig und eigenverantwortlich arbeiten.

Die Ergebnisse dieses Beitrags sind als realistische Vorausschau zur strategischen Unternehmensführung zu verstehen. Das letztliche Szenario und auch die Beschäftigungsfähigkeit werden von diversen Faktoren abhängen, die in dieser Form nicht gänzlich vorausbestimmt werden können. So stellt z. B. die COVID-19-Pandemie langfristig ausgebaute internationale Wertschöpfungsketten und Vertrauen in Regierungen infrage, so dass Unternehmen zukünftig stärker hinterfragen, welche Abhängigkeiten sie eingehen. Ebenso hat sich im Frühjahr 2020 gezeigt, dass bereits heute viele digitale Kommunikations- und Kollaborationsalternativen im Arbeitsalltag und im Bildungsbereich bestehen. Bspw. haben sich nach nur wenigen Wochen Videokonferenzen anstatt physischer Treffen für Meetings und Workshops zum Alltag geworden. In Schulen und Universitäten mussten Lehrende in kurzer Zeit digitale Formen der Wissensvermittlung umsetzen. Somit wurden bestehende Bedarfe, aber auch die Potenziale der Digitalisierung verstärkt aufgedeckt. Daher ist anzunehmen, dass dieser durch die Pandemie verursachte starke Einschnitt auch langfristig lange etablierte Formen der Arbeit verändern wird. Umso wichtiger wird es daher sein, die Entwicklung des sozialen Teilsystems parallel zur Entwicklung der Technologien und Infrastruktur aktiv zu gestalten. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sich Beschäftigte und Unternehmen im Sinne eines soziotechnischen Gesamtoptimums entwickeln.

## **Danksagung**

Teile der in diesem Beitrag vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „PreModIE – Predictive Model of Industrial Employability“ (SCHM 1856/90-1) entwickelt. Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Unterstützung.

## Literatur

- [1] Schuh, G.; Anderl, R.; Gausemeier, J.; ten Hompel, M.; Wahlster W. (Hrsg.): Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech STUDIE). München: Utz, 2017.
- [2] Klocke, F.; Bassett, E.; Bönsch, C.; Gärtner, R.; Holsten, S.; Jamal, R.; Jurke, B.; Kamps, S.; Kerzel, U.; Mattfeld, P.; Shirobokov, A.; Stauder, J.; Stautner, M.; Trauth, D.: Assistenzsysteme in der Produktionstechnik. In: Brecher, C.; Klocke, F.; Schmitt, R. H.; Schuh, G. (Hrsg.): Internet of Production für agile Unternehmen: AWK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 2017, 18–19 May 2017. Aachen: Apprimus, 2017, S. 287-313.
- [3] Metzmacher, A. I.; Hellebrandt, T.; Ruessmann, M.; Heine, I.; Schmitt, R. H.: Aligning the Social Perspective with the Technical Vision of the Smart Factory. In: Schmitt, R.; Schuh, G. (Hrsg.): Advances in Production Research. Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, November 19-20, 2018. Cham: Springer, 2018, S. 715–729.
- [4] Hämmerle, M.; Pokorni, B.; Berthold, M.: Wie Digitalisierung und Industrie 4.0 die Arbeit der Zukunft verändert. In: Werther, S.; Bruckner, L. (Hrsg.): Arbeit 4.0 aktiv gestalten. Berlin: Springer, 2018, S. 5–15.
- [5] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. URL: [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf) [Stand: 18.02.2020].
- [6] Gebhardt, J.; Grimm, A.; Neugebauer, L. M.: Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. In: Journal of Technical Education, 3. Jg., 2015, Nr. 2, S. 45-61.
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Die digitale Agenda 2014–2017. Berlin. URL: [https://www.digitale-agenda.de/Content/DE/\\_Anlagen/2014/08/2014-08-20-digitale-agenda.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.digitale-agenda.de/Content/DE/_Anlagen/2014/08/2014-08-20-digitale-agenda.pdf?__blob=publicationFile&v=6) [Stand: 31.09.2019].
- [8] Becker, W.; Ulrich, P.; Botzkowski, T.: Industrie 4.0 im Mittelstand - Handlungspotenziale und Umsetzung. In: Obermaier, R. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation. Wiesbaden: Springer Gabler, 2019, S. 91-111.
- [9] Wang, S.; Wan, J.; Li, D.; Zhang, C.: Implementing smart factory of industry 4.0: an outlook. In: International Journal of Distributed Sensor Networks. 12. Jg., 2016, Nr.1. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>.
- [10] Bauernhansl, T.: Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd.4. Allgemeine Grundlagen. Berlin: Springer, 2017, S. 1-31.

- [11] Thoben, K. D.; Wiesner, S.; Wuest, T.: Industrie 4.0 and Smart Manufacturing - A Review of Research Issues and Application Examples. In: International Journal of Automation and Technology. 11. Jg., 2017, Nr. 1, S. 4–16.
- [12] Frazzon, E. M.; Hartmann, J.; Makuschewitz, T.; Scholz-Reiter, B.: Towards Socio-Cyber-Physical Systems in Production Networks. In: Procedia CIRP. 7. Jg., 2013, S. 49–54.
- [13] Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. URL: [http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie\\_Produktionsarbeit\\_der\\_Zukunft-Industrie\\_4\\_0.pdf](http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4_0.pdf) [Stand: 17.02.2020].
- [14] Davies, R.; Coole, T.; Smith, A.: Review of Socio-technical Considerations to Ensure Successful Implementations of Industry 4.0. In: Procedia Manufacturing. 11. Jg., 2017, S. 1288–1295.
- [15] Apt, W.; Bovenschulte, M.: Die Zukunft der Arbeit im demografischen Wandel. In: Wischmann, S.; Hartmann, E. A. (Hrsg.): Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer, 2018, S. 159–173.
- [16] Loebe, H.; Severing, E.: Qualifikationstrends – Erkennen, Aufbereiten, Transferieren. Ergebnisse und Transferwege der Früherkennungsforschung am Beispiel einfacher Fachtätigkeiten. Bielefeld: Bertelsmann, 2008.
- [17] Benešová, A.; Tupa, J.: Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. In: Procedia Manufacturing. 11. Jg., 2017, S. 2195–2202.
- [18] Gudanowska, A. E.; Alonso, J. P.; Törmänen, A.: What competencies are needed in the production industry? The case of the Podlaskie Region. In: Engineering Management in Production and Services. 10. Jg., 2018, Nr. 1, S. 65–74.
- [19] Leopold, T. A.; Zahidi, S.; Ratcheva, V.: The future of jobs report. 2018. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf) [Stand: 17.02.2020].
- [20] Schlund, S.; Hämmerle, M.; Stölin, T.: Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. URL: [https://www.ingenics.com/assets/downloads/de/Industrie40\\_Studie\\_Ingenics\\_IAO\\_VM.pdf](https://www.ingenics.com/assets/downloads/de/Industrie40_Studie_Ingenics_IAO_VM.pdf) [Stand: 17.02.2020].
- [21] Hecklau, F.; Orth, R.; Kirschun, F.; Kohl, H.: Human Resources Management: Meta-Study - Analysis of Future Competences in Industry 4.0. In: Proceedings 13th European Conference on Management, Leadership and Governance, ECMLG 2017. London, UK, 11.-12. Dezember 2017. Reading: ACPIIL, 2017, S. 163-174.
- [22] Spöttl, G.: Industrie 4.0 – Konsequenzen für die Facharbeiter/-innen! In: Jaschke, S.; Schwenger, U.; Vollmer T. (Hrsg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit. Gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. (Reihe: Berufsbildung, Arbeit und Innovation, Bd. 43). Bielefeld: Bertelsmann, 2016, S. 7-26.

- [23] acatech: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. URL: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_DOSSIER\\_neu\\_Kompetenzentwicklung\\_Web.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_DOSSIER_neu_Kompetenzentwicklung_Web.pdf) [Stand: 10.03.2020].
- [24] Dombrowski, U.; Riechel, C.; Evers, M.: Industrie 4.0 – Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. In: Kersten, W.; Koller, H.; Lödding, H. (Hrsg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. Berlin: GITO, 2014, S. 129–153.
- [25] Gehrke, L.; Kühn, A. T.; Rule, D.; Moore, P.; Bellmann, C.; Siemes, S.; Dawood, D.; Singh, L.; Kulik, J.; Standley, M.: White paper. A discussion of qualifications and skills in the factory of the future: a German and American perspective. Düsseldorf: VDI, 2015.
- [26] Haeffner, M.; Panuwatwanich, K.: Perceived Impacts of Industry 4.0 on Manufacturing Industry and Its Workforce: Case of Germany. In: Şahin, S. (Hrsg.): 8th International Conference on Engineering, Project, and Product Management (EPPM 2017). Proceedings. Cham: Springer, 2018, S. 199–208.
- [27] Hammermann, A.; Stettes, O.: Qualifikationsbedarf und Qualifizierung. Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. URL: [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2016/251836/Qualifikationsbedarf\\_IW\\_policy\\_paper.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2016/251836/Qualifikationsbedarf_IW_policy_paper.pdf) [Stand: 10.03.2020].
- [28] Pinzone, M.; Fantini, P.; Perini, S.; Garavaglia, S.; Taisch, M.; Miragliotta, G.: Jobs and Skills in Industry 4.0: An Exploratory Research. In: Lödding, H.; Riedel, R.; Thoben, K. D.; von Cieminski, G.; Kiritsis, D. (Hrsg.): Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing. IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2017, Hamburg, Germany, September 3-7, 2017, Proceedings, Part I. Cham: Springer, 2017, S. 282–288.
- [29] Beierle, S.; Heine, I.; Letmathe, P.; Metzmacher, A. I.; Schmitt, R. H.: How to stay employable in the industrial sector: A systematic review of literature on Industrial Employability (2013 – 2018). I. E.
- [30] Metzmacher, A. I.; Beierle, S.; Heine, I.; Paluch, S.; Letmathe, P.; Schmitt, R. H.: Employability 4.0 – Construct and conceptual scale development. I. E.
- [31] Metzmacher, A. I.; Beierle, S.; Heine, I.; Paluch, S.; Letmathe, P.; Schmitt, R. H.: Developing and Validating the Predictive Model of Industrial Employability. I. E.
- [32] Fink, A. I.; Siebe, A.: Handbuch Zukunftsmanagement. Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung. Frankfurt/Main: Campus, 2006.
- [33] Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Scenario Management: An Approach to Develop Future Potentials. In: Technological Forecasting and Social Change, 59. Jg., 1998, Nr. 2, S. 111–130.
- [34] Nowack, M.; Endrikat, J.; Guenther, E.: Review of Delphi-based scenario studies: Quality and design considerations. In: Technological Forecasting and Social Change, 78. Jg., 2011, Nr. 9, S. 1603–1615.

- [35] Von Reibnitz, U.: Szenario-Technik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Wiesbaden: Gabler, 1992.
- [36] Geschka, H.; Hammer, R.: Die Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. In: Hahn, D.; Taylor, B. (Hrsg.): Strategische Unternehmensplanung - Strategische Unternehmensführung. Berlin: Springer, 1990, S. 311-336.
- [37] Gausemeier, J.; Plass, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Auflage. München: Hanser, 2014.
- [38] Ittermann, P.; Niehaus, J.: Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit–revisited. Forschungsstand und Trendbestimmungen. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Baden-Baden: Nomos, 2018, S. 33-60.
- [39] Vogler-Ludwig, K.; Düll, N.; Kriechel, B.; Vetter, T.: Arbeitsmarkt 2030 - Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter. Prognose 2016. Bielefeld: Bertelsmann, 2016.
- [40] Brown, J.; Gosling, T.; Sethi, B.; Sheppard, B.; Stubbings, C.; Sviokla, J.; Williams, J.; Zarubina, D.; Fisher, L.: Workforce of the future – The competing forces shaping 2030. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/services/people-organisation/workforce-of-the-future/workforce-of-the-future-the-competing-forces-shaping-2030-pwc.pdf> [Stand: 20.02.2020].
- [41] Sinha, R.: Persona Development for Information-rich Domains. In: Cockton, G.; Korhonen, P. (Hrsg.): CHI EA '03: CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Ft. Lauderdale, FL, USA: ACM, 2003, S. 830–831.
- [42] Beck, A.: Verwendung von Personas zur Erfassung von Anforderungen bezüglich Barrierefreiheit. In: Hassenzahl, M; Peissner, M. (Hrsg.): Tagungsband UP05. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2005, S. 46-50.
- [43] Pruitt, J.; Grudin, J.: Personas: practice and theory. In: Arnowitz, J.; Chalmers, A.; Swack, T. (Hrsg.): DUX '03: Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences, San Francisco, CA, USA: ACM, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1145/997078.997089>.
- [44] Cooper, A.: The inmates are running the asylum. Indianapolis, IN, USA: Sams, 1999.
- [45] Franz, W.: Arbeitsmarktökonomik. Berlin: Springer, 2006.
- [46] Bothfeld, S.; Sesselmeier, W.: Arbeitsmarkt- und Beschäftigungspolitik. In: Mause, K.; Müller, C.; Schubert, K. (Hrsg.): Politik und Wirtschaft: ein integratives Kompendium. Wiesbaden: Springer, 2016, S. 1–42.
- [47] Jesgarzewski, T.: Arbeitsrecht. Wiesbaden: Springer, 2019.

- [48] Heilmann, J.; Raehlmann, I.; Schweres, M.: Arbeitswissenschaft und Arbeitsrecht - Gehalt und Funktion arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse im Arbeitsrecht. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 69. Jg, 2015, Nr. 4, S. 258–268.
- [49] Schlick, C. M.; Luczak, H.; Bruder, R.: Arbeitswissenschaft. Heidelberg: Springer, 2010.
- [50] Hillebrandt, F.: Exklusionsindividualität. Moderne Gesellschaftsstruktur und die soziale Konstruktion des Menschen. Wiesbaden: VS, 1999.
- [51] Geißler, R.: Die Sozialstruktur Deutschlands. Wiesbaden: Springer, 2014.
- [52] Van Deth, J. W.; Scarbrough, E.: The Concept of Values. In: Van Deth, J. W.; Scarbrough, E.; Kaase, M. (Hrsg.): The impact of values. Oxford: Oxford Univ. Press, 1998, S. 79-98.
- [53] von Lucadou, W.; Römer, H.: Schuld, Person und Gesellschaft. Systematische Perspektiven. In: Kick, H. A.: Schuld (Hrsg.): Bearbeitung, Bewältigung, Lösung. Strukturelle und prozessdynamische Aspekte. Münster: LIT, 2011, S. 79-98.
- [54] Böhm, W.; Seichter, S.: Wörterbuch der Pädagogik. 17. Auflage. Stuttgart: UTB, 2017.
- [55] Anzenbacher, A.: Bildungsbegriff und Bildungspolitik. In: Jahrbuch für christliche Sozialwissenschaften. 40. Jg., 1999, S. 12–37.
- [56] Lehmann, E. E.; Wilhelm, D.: Digitalisierung, Disruption und Corporate Entrepreneurship. In: Keuper, F.; Schomann, M.; Sikora, L. I.; Wassef, R. (Hrsg.): Disruption und Transformation Management. Wiesbaden: Springer, 2018, S.239-266.
- [57] Christensen, C. M.: The innovator's dilemma: the revolutionary book that will change the way you do business: New York, NY: Harper Paperbacks, 1997.
- [58] Christensen, C. M.: The Ongoing Process of Building a Theory of Disruption. In: Journal of Product Innovation Management. 23. Jg., 2006, Nr. 1, S. 39–55.
- [59] Brickwedde, F.: Ökologische Nachhaltigkeit. In: Krüger, W.; von Schubert, B.; Wittberg, V. (Hrsg.): Die Zukunft gibt es nur einmal! Wiesbaden: Gabler, 2010, S. 47–60.
- [60] Fortmann, H. R.; Kolocek, B.: Arbeitswelt der Zukunft. Wiesbaden: Springer, 2018.
- [61] Dellot, B.; Mason, R.; Wallace-Stephens, F.: The Four Futures of Work: Coping with Uncertainty in an Age of Radical Technologies. RSA. URL: [https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/rsa\\_four-futures-of-work.Pdf](https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/rsa_four-futures-of-work.Pdf) [Stand: 17.10.2019].
- [62] Mitchell, M.: Artificial intelligence hits the barrier of meaning. URL: <https://www.nytimes.com/2018/11/05/opinion/artificial-intelligence-machine-learning.html> [Stand: 17.10.2019].

- [63] Manyika, J.; Lund, S.; Chui, M.; Bughin, J.; Woetzel, J.; Batra, P., Ko, R.; Sanghvi, S.: Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx> [Stand: 17.10.2019].
- [64] Balliester Reis, T.; Elsheikhi, A.: The future of work: a literature review. URL: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---inst/documents/publication/wcms\\_625866.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---inst/documents/publication/wcms_625866.pdf) [Stand: 17.10.2019].
- [65] Daheim, C.; Wintermann, O.; Glenn, J.: Work 2050: three scenarios. New findings of an international Delphi study by the Millennium Project. URL: [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/ST-BS\\_Delphi-2019\\_Englisch.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/ST-BS_Delphi-2019_Englisch.pdf) [Stand: 13.11.2019].
- [66] Zhang, Y. X.; Chao, Q. C.; Zheng, Q. H.; Huang, L.: The withdrawal of the U.S. from the Paris Agreement and its impact on global climate change governance. In: *Advances in Climate Change Research*. 8. Jg., 2017, Nr. 4, S. 213-219.
- [67] Wolter, M. I.; Mönnig, A.; Hummel, M.; Schneemann, C.; Weber, E.; Zika, G.; Helmrich, R.; Maier, T.; Neuber-Pohl, C.: *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. (Reihe: IAB-Forschungsbericht, Bd. 8/2015). 2015.
- [68] Facer, K.; Sandford, R.: The next 25 years?: future scenarios and future directions for education and technology. In: *Journal of computer assisted learning*. 26. Jg., 2010, Nr. 1, S. 74-93.
- [69] Cawood, R.; Roche, J.; Ong, A.; Sharma, D.; Mulder, A.; Jones, L.; Ta, D.; Kirkhope, J.: Can the universities of today lead learning for tomorrow? The University of the Future. URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_au/topics/government-and-public-sector/ey-university-of-the-future-2030.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_au/topics/government-and-public-sector/ey-university-of-the-future-2030.pdf) [Stand: 13.11.2019].
- [70] Ehlers, U. D.; Kellermann, S. A.: *Future Skills: The future of learning and higher education*. URL: <https://nextskills.files.wordpress.com/2019/03/2019-02-23-delphi-report-final.pdf> [Stand: 13.11.2019].
- [71] Williamson, B.: *Big data in education: The digital future of learning, policy and practice*. Los Angeles: Sage, 2017.
- [72] Thiede, S.; Juraschek, M.; Herrmann, C.: Implementing cyber-physical production systems in learning factories. In: *Procedia CIRP*. 54 Jg., 2016, S. 7-12.
- [73] Erol, S.; Jäger, A.; Hold, P.; Ott, K.; Sihm, W.: Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. In: *Procedia CIRP*, 54. Jg., 2016, S. 13-18.
- [74] Statistisches Bundesamt: *Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland. Variante 1: Moderate Entwicklung bei niedrigem Wanderungssaldo*

- (G2L2W1). URL: <https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/> [Stand: 05.11.2019].
- [75] Störmer, E.; Patscha, C.; Prendergast, J.; Daheim, C.; Rhisiart, M.; Glover, P.; Beck, H.: The future of work: jobs and skills in 2030. URL: [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file\\_publicacion/thefutureofwork.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/thefutureofwork.pdf) [Stand: 05.11.2019].
- [76] KOSTAL Kontakt Systeme GmbH: Unternehmen. URL: <https://www.kostal-kontakt-systeme.com/de-de/unternehmen/das-sind-wir> [Stand: 04.02.2020].
- [77] Henkel AG & Co. KGaA: Unternehmensbereich Laundry and Homecare. URL: <https://www.henkel.de/marken-und-unternehmensbereiche/laundry-and-home-care> [Stand: 04.02.2020].
- [78] Henkel AG & Co. KGaA: Henkel startet weltweite digitale Fortbildungsinitiative. URL: <https://www.henkel.de/presse-und-medien/presseinformationen-und-presse-mappen/2019-03-28-henkel-startet-weltweite-digitale-fortbildungsinitiative-923930> [Stand: 05.03.2020].
- [79] Lebensmittelzeitung: Digital Upskilling bei Henkel: “Wir stehen am Beginn einer lernreise“. URL: <https://www.lebensmittelzeitung.net/handel/Digital-Upskilling-bei-Henkel-Wir-stehen-am-Beginn-einer-Lernreise-140091> [Stand: 05.03.2020].
- [80] Bär, D.: Digitale Transformation und gesellschaftliche Teilhabe. In: Bär, C.; Grädler, T.; Mayr, R. (Hrsg.): Digitalisierung im Spannungsfeld von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Recht. 1. Band: Politik und Wirtschaft. Berlin: Springer Gabler, 2018, S. 1-10.
- [81] acatech: acatech Begleitprozess zur Strategie Bayern Digital. Ergebnispapier mit Handlungsempfehlungen. URL: [https://www.muenchner-kreis.de/fileadmin/dokumente/\\_pdf/20150309/acatech\\_Bayern\\_Digital\\_WEB.pdf](https://www.muenchner-kreis.de/fileadmin/dokumente/_pdf/20150309/acatech_Bayern_Digital_WEB.pdf) [Stand: 10.03.2020].
- [82] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Wissenswertes zum DigitalPakt Schule. URL: <https://www.bmbf.de/de/wissenswertes-zum-digitalpakt-schule-6496.php> [Stand: 10.03.2020].
- [83] vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (Hrsg.): Digitale Souveränität und Bildung. Münster: Waxmann, 2018.
- [84] NRWgoesdigital: Projektüberblick. URL: <https://www.nachwuchsstiftung-maschinenbau.de/ausbildung-40/nrwgoesdigital.html> [Stand: 10.03.2020].
- [85] Erni, K.: Lernen 4.0. 4 Tipps, Mitarbeiter zu fordern, ohne zu überfordern. URL: <https://www.scope-online.de/smart-industry/lernen-4-0-mitarbeiterqualifizierung-in-zeiten-von-industrie-4-0.htm> [Stand: 10.03.2020].
- [86] Guggemos, M.; Jacobs, J. C.; Kagermann, H.; Spath, D. (Hrsg.): Die digitale Transformation gestalten: Lebenslanges Lernen fördern. Empfehlungen des Human-Resources-Kreises von acatech und der Jacobs Foundation sowie der Hans-Böckler-Stiftung. URL: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/10/acatech\\_DISKUSSION\\_LebenslangesLernen\\_WEB.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/10/acatech_DISKUSSION_LebenslangesLernen_WEB.pdf) [Stand: 10.03.2020].

- [87] Mittelstand-Digital: Mitarbeiterqualifizierung und Wissenstransfer im Zusammenhang der Digitalisierung von Arbeits- und Geschäftsprozessen. Ergebnisse einer Bedarfs- und Trendanalyse. URL: <https://kommunikation-mittelstand.digital/content/uploads/2017/06/Studie-Qualifizierung-Wissenstransfer-Prozessdigitalisierung.pdf> [Stand: 10.03.2020].
- [88] Herzog, S.; Sanders, A.; Redlich, T.; Wulfsberg, J.: Mitarbeiterqualifikation in der Smart Factory: Ansatzpunkte zum Qualifizierungsbedarf der Mitarbeiter ausgehend von neuartigen Geschäftsmodellen einer Smart Factory. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 111. Jg., 2016, Nr. 10, S. 653-657.
- [89] Hammermann, A.; Stettes, O.: Qualifikationsbedarf und Qualifizierung. Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. IW Policy Paper. 3/2016. URL: <http://hdl.handle.net/10419/127450> [Stand: 10.03.2020].
- [90] Abel, J.; Wagner, P. S.: Industrie 4.0: Mitarbeiterqualifizierung in KMU. In: wt Werkstattstechnik online. 107. Jg., 2017, Nr. 3, S. 134-140.

Mitarbeiter der Arbeitsgruppe für den Beitrag 4.1:

Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt, WZL der RWTH Aachen, Fraunhofer IPT

Dr.-Ing. M. Bergholz, KOSTAL Kontakt System GmbH, Lüdenscheid

Dr.-Ing. B. Döbbeler, KOSTAL Kontakt Systems GmbH, Lüdenscheid

Prof. Dr. Sarah Hatfield, Hochschule Augsburg

Dr. I. Heine, WZL der RWTH Aachen

T. Hellebrandt, WZL der RWTH Aachen

C. Kieper, apetito AG, Rheine

A. I. Metzmacher, WZL der RWTH Aachen

M. Plutz, oculavis GmbH, Aachen

Dr.-Ing. R. Varandani, Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf