

# 1 Einleitung

In der dritten Dekade des 21. Jahrhunderts steht die Weltbevölkerung vor einigen zentralen Herausforderungen. Wie können der Klimawandel und dessen Folgen gebremst werden (United Nations, 2021)? Wie können gleichzeitig zunehmend mehr Menschen auf dem Standard von Industrienationen mit Nahrung und Energie versorgt werden (United Nations, 2021)? Wie diese und weitere Fragestellungen adressiert werden, wird erheblichen Einfluss auf das Leben jedes Einzelnen nehmen.

Entwicklungen, die für Unternehmen in Hochlohnländern wie Deutschland von besonderer Relevanz sind, stellen die digitale oder 4. Industrielle Revolution, im deutschen Sprachraum kurz als Industrie 4.0 bezeichnet, der demografische Wandel, der Fachkräftemangel und die Integration von Migrantinnen und Migranten dar.

Die Digitalisierung und Vernetzung von Fertigungsprozessen ermöglicht es, viele Arbeitsschritte zu automatisieren, sodass Auswirkungen des Fachkräftemangels und auch der Kostendruck durch Niedriglohnländer abgedämpft werden können (vgl. Willcocks, 2020). Zukunftsprognosen, u. a. in Studien des World Economic Forum (2020), machen deutlich, dass die Produktionsarbeit auch zukünftig nur mit qualifizierten Fachkräften im Zusammenspiel mit Produktionsmitteln als soziotechnisches System zu realisieren ist. Dabei ist bislang noch nicht eindeutig definiert, welchen Anteil der Produktionsarbeit von Menschen erbracht wird und welche Kompetenzen sie dafür benötigen (vgl. Metzmacher et al., 2019; Münch et al., 2022).

Diese Erkenntnislücke adressiert die vorliegende Arbeit indem zwei Leitfragen eingehender untersucht werden:

Wie wird die Zukunft der Produktionsarbeit im Zusammenspiel von Mensch und Technik aussehen und über welche KSAOs (engl. Knowledge, Skills, Abilities and Other Characteristics, dt. Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und andere Charakteristika) – kurz *Kompetenzen 4.0* – müssen Mitarbeitende zukünftig verfügen, um beschäftigungsfähig zu sein?

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Der Begriff „VUCA-Welt“ (engl. Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous; dt. volatil, unsicher, komplex, mehrdeutig) verdeutlicht die komplexen Herausforderungen und Rahmenbedingungen der heutigen Zeit. Verschiedene Ereignisse wie die COVID-19-Pandemie und der Russland-Ukraine-Krieg sind Sinnbild des „Unvorhersehbaren“ und dessen Auswirkungen sind für viele Menschen im Privat- und Arbeitsleben spürbar.

Insbesondere in Deutschland stehen der Arbeitsmarkt und viele Unternehmen vor einer Vielzahl von Herausforderungen, die die Arbeitssituation der Zukunft beeinflussen werden. Zentrale Herausforderungen sind u. a. die alternde Gesellschaft, der Klimawandel, die Migration, die Globalisierung, z. B. global verkettete Wertschöpfungsketten, und Auswirkungen geopolitischer Krisen, wie die Explosion der Energiekosten (vgl. Walwei, 2020). In Kombination mit dem technologischen Wandel, der mit dem Einzug von Industrie 4.0 in produzierende Unternehmen verbunden ist, haben die oben genannten Herausforderungen bereits heute einen

wesentlichen Einfluss auf Arbeitsformen und -inhalte und somit auf Anforderungen an Beschäftigte in der Industrie und damit auf die Menschen, die in produzierenden Unternehmen arbeiten (vgl. Becker & Merkel, 2022; Zink & Bosse, 2019).

Der technologische Fortschritt durch Industrie 4.0 steht für einen digitalen und vernetzten Produktionsprozess, der maßgeblich die Aufgaben der menschlichen und technischen Akteure sowie deren Beziehung untereinander verändert (Culot et al., 2020; Horváth & Szabó, 2019). Eine aktuelle Studie des World Economic Forum, an der 291 globale Unternehmen von Januar bis September 2020 teilgenommen haben, ergab, dass 43 % der befragten Unternehmen bis 2025 ihre Belegschaft aufgrund der Technologieintegration reduzieren werden (World Economic Forum, 2020). Zudem gingen die meisten Befragten davon aus, dass bis 2025 die Zeit, die Menschen und Maschinen für aktuelle Aufgaben am Arbeitsplatz aufwenden, gleich sein wird. Im Besonderen sehen die Befragten der Studie niedriger entlohnte Tätigkeiten in Gefahr, durch Maschinen und Algorithmen ersetzt zu werden. Diejenigen Arbeitsplätze, die erhalten bleiben, werden allerdings andere Qualifikationen erfordern (World Economic Forum, 2020). Bei den Arbeitnehmenden, die in ihren Positionen bleiben werden, wird sich nach den Ergebnissen der Studie der Anteil der Kernqualifikationen in den nächsten fünf Jahren um 40 % ändern; 50 % aller Arbeitnehmenden werden eine Umschulung benötigen. Die Mehrheit der Befragten gehen davon aus, dass sich trotz des pandemiebedingten wirtschaftlichen Abschwungs Investitionen in die Aus- und Weiterbildung innerhalb eines Jahres auszahlen werden (World Economic Forum, 2020).

Grundsätzlich sind sich alle beteiligten Parteien im Arbeitsmarkt – Politik, Arbeitnehmer- und Arbeitgebervertreter – wie auch die jüngste Forschung einig, dass sich die Arbeitswelt der Zukunft insbesondere in produzierenden Unternehmen durch Industrie 4.0 erheblich verändern wird (Klingbeil-Döring, 2022). Da jedoch die wenigsten Unternehmen ihre Produktion bereits zu einer Smart Factory transformiert haben, ist unklar, wie die Arbeit genau gestaltet sein wird. Es stellt sich die Frage, wie die Arbeitsteilung von Mensch und Technik im soziotechnischen System zukünftig auf dem Shopfloor aussieht (vgl. Becker & Merkel, 2022). Folglich ist unklar, über welche KSAOs Arbeitnehmende verfügen müssen, sodass sie in Industrie 4.0 beschäftigungsfähig sind und bleiben (vgl. Lodgaard et al., 2022).

Die obigen Fragestellungen müssen zunächst beantwortet werden, um die Herausforderungen in Form des demografischen Wandels, des Fachkräftemangels und der Eingliederung von Migrantinnen und Migranten adäquat adressieren zu können. Erst wenn klar ist, welche Aufgaben von Menschen wie zu erfüllen sind, können Maßnahmen entwickelt werden, um Personen im erwerbsfähigen Alter langfristig in Beschäftigung zu halten. Dies bedeutet im Detail, aktuell Beschäftigte für Tätigkeiten in Industrie 4.0 weiterzubilden, Tätigkeiten durch Technikunterstützung von Geringqualifizierten durchführen zu lassen und die Arbeitskraft von Personen mit anderen Bildungsabschlüssen, aus anderen Kulturschichten und mit verschiedenen Sprachniveaus erfolgreich nutzen zu können.

Insgesamt lässt sich daher feststellen, dass zur Lösung des Problems und um eine Vollbeschäftigung der erwerbsfähigen Personengruppe in Industrie 4.0 zu erreichen, folgende Punkte adressiert werden müssen:

- (1) Klarheit über Arbeitsgestaltung in Industrie 4.0
- (2) Ableitung daraus resultierender Kompetenzprofile und erforderlicher KSAOs
- (3) Identifikation des Status quo der KSAOs und Vorhersage der zukünftigen Beschäftigungsfähigkeit in der relevanten Personengruppe
- (4) Ableitung konkreter Maßnahmen bei der Identifikation etwaiger Qualifikationslücken

Die vorliegende Arbeit adressiert jeden dieser Punkte, fokussiert aber maßgeblich auf die Punkte (1) bis (3), um ein Instrument zur Messung und Vorhersage der Beschäftigungsfähigkeit in Industrie 4.0 zu entwickeln.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Modells zur Messung und Vorhersage der Industriellen Beschäftigungsfähigkeit (IB) von Mitarbeitenden auf operativer Ebene im produzierenden Sektor im Kontext von Industrie 4.0. Dies erfolgt mittels eines Multimethodenansatzes und unter der Prämisse, dass die Arbeit auf dem Shopfloor in Industrie 4.0 als soziotechnisches System verstanden wird. Literaturbasierte, wissenschaftliche Erkenntnisse werden mit aktuellem Expertenwissen aus Industrie und Forschung, das über verschiedene Methoden wie Experteninterviews, Szenariotechnik und Personaentwicklung ermittelt wird, gekoppelt. Das vielschichtige Vorgehen erlaubt es, ein Modell zu entwickeln, das sowohl Auskunft über für Industrie 4.0 relevante KSAOs (engl. Knowledge, Skills, Abilities and Other Characteristics) – kurz *Kompetenzen 4.0* – als auch über Einflussfaktoren auf Arbeitnehmenden- und Arbeitgeberseite gibt. Das Modell soll ermöglichen, die IB zu messen und zukünftig vorherzusagen.

Die Zielsetzung impliziert zwei Eingrenzungen. Die erste Eingrenzung ergibt sich über den zu betrachtenden Sektor. Der Begriff „Industrie 4.0“ verdeutlicht die Fokussierung von Anwendungsfällen des produzierenden Gewerbes (vgl. Kagermann et al., 2013). Die in dieser Arbeit betrachteten Tätigkeiten sind der Produktion und flankierenden operativen Tätigkeiten, z. B. in der Qualitätssicherung, zuzuordnen. Demnach werden sowohl der Primär- als auch der Tertiärsektor ausgeklammert.

Die zweite Eingrenzung bezieht sich auf den Unternehmensstandort. Aufgrund des relativ hohen Anteils an Automatisierung und Digitalisierung, die sich durch den Fokus auf von Industrie 4.0 geprägten produzierenden Unternehmen ergeben, wird die Beschäftigungsfähigkeit in Hochlohnländern betrachtet. In Niedriglohnländern, in der manuelle Arbeit in der reinen Kosten-Nutzen-Analyse bevorzugt werden könnte, findet das Modell keine Anwendung.

Anhand der Eingrenzungen wird deutlich, für welche Untersuchungsbereiche die in dieser Arbeit generierten Ergebnisse gültig sind: Für Beschäftigte und potenziell beschäftigungsfähige Personen in der Produktion oder operativen produktionsnahen Bereichen in produzierenden Unternehmen, deren Arbeitsbereiche und Tätigkeiten durch Industrie 4.0 beeinflusst werden. Die Erkenntnisse sind sowohl von Interesse für die Personen selbst als auch für die Unterneh-

men, Sozial- und Wirtschaftsverbände wie auch für die Arbeitsmarktpolitik, um die Beschäftigungsfähigkeit für diese Personengruppen langfristig nachhaltig zu fördern (vgl. Blayone & Van Oostveen, 2021; Liboni et al., 2019; Spöttl & Windelband, 2021).

Basierend auf der beschriebenen Zielstellung und unter Berücksichtigung des methodischen Vorgehens adressiert die vorliegende Arbeit Forschungsbedarfe auf vier Ebenen:

(1) Ganzheitliche Betrachtung des soziotechnischen Systems:

Die Beantwortung der Frage nach der Ausgestaltung der Arbeit auf dem Shopfloor von Industrie 4.0 als soziotechnisches System adressiert sowohl Bedarfe aus Praxis als auch aus der theoriegeprägten Forschung. So herrscht zwar Konsens über die Notwendigkeit des Zusammenspiels der menschlichen Arbeit und der Industrie 4.0-Technologien (vgl. z. B. Avis, 2018; Ittermann et al., 2015; Margherita, 2021). Oftmals wird jedoch nur ein Teilbereich, d. h. nur das technische oder nur das soziale Teilsystem, betrachtet und optimiert; eine Optimierung der Bereiche unter Berücksichtigung des jeweils anderen – hier: die Förderung der Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeitenden über bestimmte KSAOs in von Industrie 4.0 geprägten Arbeitsumgebungen – bleibt in den bestehenden Arbeiten aus (Sony & Naik, 2020).

(2) Integration von Faktoren der Meso- und Makroebene im Kompetenzmodell:

Im Rahmen der praxisorientierten Forschung zu Shopfloorarbeit in Industrie 4.0 beschreibt eine Reihe von Arbeiten zukünftige Tätigkeiten und erforderliche Kompetenzen (z. B. acatech, 2016; Flores et al., 2020; Frey & Osborne, 2017; Spöttl & Windelband, 2021). Zwar bestehen auf diesem Forschungsgebiet auch allgemeiner gehaltene Kompetenzmodelle (z. B. acatech, 2016; Hecklau et al., 2016), diese gehen jedoch nicht auf die besonderen Gegebenheiten des soziotechnischen Systems auf dem Shopfloor ein. Zudem bleibt die Untersuchung der Beschäftigungsfähigkeit aus. Die Beschäftigungsfähigkeit berücksichtigt neben den konkreten Anforderungen der spezifischen Tätigkeit auch generelle Anforderungen des Arbeitsmarktes sowie weiterer Faktoren wie Technologien und soziopolitische Faktoren auf Meso- und Makroebene (vgl. u. a. Fugate et al., 2004; Hillage & Pollard, 1998; Rothwell & Arnold, 2007).

(3) Industrie 4.0-Fokus in der Beschäftigungsfähigkeitsforschung:

Auch die konkrete Forschung zur Beschäftigungsfähigkeit kann diese Lücke aktuell nicht schließen. Einige Modelle vereinen Faktoren verschiedener Ebenen (z. B. Rothwell & Arnold, 2007; Vanhercke et al., 2014), es mangelt jedoch sowohl an einem Fokus auf die Shopfloorarbeit als auch an der Zukunftsorientierung, die in ein empirisch entwickeltes Modell einfließen (vgl. Blayone & Van Oostveen, 2021; Liboni et al., 2019).

(4) Multimethodenansatz:

Der Forschungsbedarf hinsichtlich der Zukunftsorientierung wird über die in dieser Arbeit verwendete Methodik adressiert. Im Bereich der Beschäftigungsfähigkeit klassische Methoden wie die Fragebogenentwicklung, Experteninterviews und systematische Literaturanalysen werden mit der Szenarioprognostik in Kombination mit der Personamethode gekoppelt. Einige wenige Arbeiten nutzen zwar die Szenariotechnik zur Untersuchung der zukünftigen Arbeit in der Produktion (z. B. Bauer & Klapper, 2018;

Bokrantz et al., 2017; Culot et al., 2020), es werden jedoch keine Rückschlüsse für die konkrete Ausgestaltung des soziotechnischen Arbeitssystems, erforderliche KSAOs zur Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit und diese beeinflussende Faktoren gezogen. Die Entwicklung von Personas erlaubt schließlich, die Auswirkungen der Faktoren auf Makro- und Mesoebene auf der Mikroebene der Beschäftigten darzustellen und somit neben Einflussfaktoren zur Beschäftigungsfähigkeit auch konkrete KSAOs abzuleiten.

Zur Erreichung der beschriebenen Zielstellung und zur Adressierung der dargestellten Forschungsbedarfe wird unter Berücksichtigung der aufgestellten Eingrenzungen folgende zentrale Forschungsfrage formuliert:

„Lässt sich die Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeitenden auf operativer Ebene im produzierenden Sektor im Kontext von Industrie 4.0 messen und vorhersagen?“

Aus der zentralen Forschungsfrage leiten sich vier Unteforschungsfragen ab, die jeweils einen Beitrag zur Beantwortung der übergeordneten Forschungsfrage liefern:

- I. Welche Kompetenzen werden zukünftig erforderlich sein, um im produzierenden Sektor im Kontext von Industrie 4.0 beschäftigungsfähig zu sein?
- II. Welche Faktoren auf Individual- und Unternehmensebene sind relevant für die Beschäftigungsfähigkeit im Kontext von Industrie 4.0?
- III. Wie lassen sich die Kompetenzen und zu betrachtende Faktoren im Kontext von Industrie 4.0 operationalisieren?
- IV. Welche Wirkzusammenhänge bestehen zwischen den Kompetenzen und den zu betrachtenden Faktoren im Kontext von Industrie 4.0?

### 1.3 Forschungskonzeption

Die Ausgangssituation, die Problemstellung und die daraus abgeleitete Zielsetzung ordnen diese Arbeit in die anwendungsorientierte Forschung im Schnittpunkt der Betriebswirtschaftslehre (BWL), der Ingenieurwissenschaften und der Psychologie ein.

Nach Carnap (1935) lassen sich die Wissenschaftsdisziplinen in die Formal- und Realwissenschaften einteilen. Zu den Formalwissenschaften werden z. B. die Mathematik und die Logik gezählt. Sie bilden die logischen Grundlagen für die synthetischen Sätze, z. B. Sätze zur Beschreibung konkreter beobachteter naturwissenschaftlicher Phänomene oder soziologischer Verhaltensweisen, die in den Realwissenschaften, z. B. in der Physik und in der Psychologie behandelt werden (Carnap, 1935). Ulrich & Hill (1976) unterscheiden die Realwissenschaften weiter in Grundlagenwissenschaften, die Erklärungsmodelle empirischer Wirklichkeitsausschnitte liefern, und in Handlungswissenschaften, die auf die Analyse menschlicher Hand-