



Future Work Check

Ein Modell zur Bewertung von Industriearbeitsplätzen

Fraunhofer-Institut in Stuttgart

Nobelstr. 12
70569 Stuttgart

Kontakt

Dr.-Ing. Moritz Hämmerle
Tel.: +49 711 970-2284
Moritz.Haemmerle@iao.fraunhofer.de

M.Sc. Simon Schumacher
Tel.: +49 711 970-1747
Simon.Schumacher@ipa.fraunhofer.de

Autoren

Benjamin Linde, Nicol Rynkowska,
Simon Schumacher, Moritz Hämmerle

www.futureworklab.de

Nutzenaspekte des Future Work Checks

Der Future Work Check ermöglicht die Analyse eines Industriearbeitsplatzes hinsichtlich seiner Industrie 4.0 Tauglichkeit (IST-Stand). Dies geschieht anhand vordefinierter Kriterien und Bewertungsstufen mit einerseits einem Technologie- und andererseits einem Mensch-bezogenen Fokus. Durch die Bewertung werden darüber hinaus Verbesserungspotentiale aufgedeckt. Vom Anwender kann nun ein gewünschter SOLL-Stand des Arbeitsplatzes definiert und in einem nachgelagerten Schritt können Maßnahmen abgeleitet werden, um diesen zu erreichen.

Die Bewertung kann einfach, schnell und allgemeingültig mit Hilfe des beigefügten „Future Work Check – Bewertungsbogen“ durchgeführt werden.

Anwendungsmöglichkeiten

Neben der Bewertung eines einzelnen Arbeitsplatzes können, aufgrund der definierten Kriterien und Bewertungsstufen, zwei

Arbeitsplätze mit einander verglichen werden.

Dazu können zwei Industrie-Arbeitsplätze eines Unternehmens heran gezogen werden oder der Vergleich zu einem Referenz-Arbeitsplatz (z.B. aus der Demowelt des Future Work Labs) hergestellt werden.

Nutzenvorteile für Unternehmen

Mit Hilfe des Future Work Check können Unternehmen erste Erkenntnisse zur Industrie 4.0 Tauglichkeit ihrer Arbeitsplätze gewinnen und sich mit der Umsetzung relevanter Maßnahmen zukunftsgerichtet aufstellen. Diese Maßnahmen können zum Beispiel in Kooperation mit der Lernwelt des Future Work Labs abgeleitet und umgesetzt werden. Darüber hinaus werden auch umfassendere Qualifizierungen und Workshops angeboten, um das gesamte Unternehmen für die Aufgaben von morgen zu wappnen.

Abbildungsverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis.....	2
1. Future Work Lab.....	3
2. Ausgangslage.....	4
3. Entwicklung des Future Work Checks.....	6
3.1. Rahmenbedingungen	6
3.2. Verwendungszweck.....	6
3.3. Kriterienfindung	7
3.4. Kriterienauflistung.....	8
4. Anwendung des Bewertungsmodells.....	10
4.1. Beschreibung der Arbeitsplätze	10
4.2. Durchführung der Bewertung	12
4.3. Auswertung	12
4.3.1. Auswertung: Technologie	13
4.3.2. Auswertung: Mensch	14
4.4. Ergebnis.....	15
5. Fazit.....	16
Literaturverzeichnis	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wie wichtig ist die Auseinandersetzung mit Industrie 4.0?.....	5
Abbildung 2: Übersicht Mensch-bezogene Kriterien.....	8
Abbildung 3: Übersicht Technologie-bezogene Kriterien	9
Abbildung 4: Klassischer Montagearbeitsplatz	10
Abbildung 5: Assistierter Montagearbeitsplatz	11
Abbildung 6: Ergebnisse der Technologie-Kriterien	13
Abbildung 7: Ergebnisse der Mensch-Kriterien.....	14

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitsplatz
FWL	Future Work Lab
IAO	Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
z.B.	zum Beispiel

1. Future Work Lab

Die Digitalisierung revolutioniert nicht nur die Arbeit in den Produktionshallen, sondern auch Prozesse und Dienstleistungen, die indirekt damit verbunden sind. Neue Technologien werfen neue Fragen auf: Wohin entwickelt sich unsere Arbeit? Bestimmen intelligente Maschinen künftig, was zu tun ist und geben den Takt vor? Oder herrschen Menschen, optimal unterstützt von intelligenten Systemen, über die Abläufe? Nicht nur in Sachen Arbeitsteilung entstehen ganz neue Formen der Arbeitsorganisation. Gleichzeitig brauchen Unternehmen neue Wege, um einerseits ihre Mitarbeitenden für die digitale Arbeitswelt zu qualifizieren und andererseits das Potential neuer Technologien richtig einzusetzen. Diese bieten nicht nur die Chance, effizienter zu produzieren, sondern bringen oft auch disruptive Innovationen mit sich, die bestehende Abläufe und Strukturen komplett verändern. Nur wer seine Innovationsprozesse systematisch angeht und strategisch verankert, kann sich in diesem dynamischen Marktumfeld auf Dauer behaupten.

Unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA wurde 2017 auf dem Forschungscampus in Stuttgart-Vaihingen das »Future Work Lab« eröffnet, ein Innovationslabor für Arbeit, Mensch und Technik. Dazu bündeln die beiden Fraunhofer- und zwei Institute der Universität Stuttgart (IFF und IAT) ihre Kompetenzen rund um die Industrie 4.0. Ziel ist es, produzierenden Unternehmen und ihren Mitarbeitenden eine Anlaufstelle für ihre Fragen rund um die Digitalisierung Industrieller Wertschöpfung zu bieten.

Das Future Work Lab (FWL) macht die Produktionsarbeit der Zukunft erlebbar, um Unternehmen den Einstieg in die Industrie 4.0 zu vereinfachen. Dazu stehen im FWL eine Demonstratorenwelt, eine Lernwelt und eine Ideenwelt zur Verfügung.

2. Ausgangslage

Im Rahmen des Future Work Labs kann die Arbeit der Zukunft bereits heute erlebt werden. Vor allem in der Demonstratorenwelt haben Interessierte die Möglichkeit verschiedene Industrie 4.0 Arbeitsplätze und Anwendungen zu sehen und auszutesten. Die FWL-Demowelt zeigt welche Technologien und Anwendungen von Industrie 4.0 heute schon möglich sind und wie diese künftige Szenarien der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik beeinflussen. Mit mehr als 40 Demonstratoren zeigt die Demowelt wie zukünftige Arbeitsplätze in der Breite der Industriearbeit der Zukunft aussehen können. Dazu kombiniert das FWL bestehende Technologien und Lösungen und bringt diese in neue Applikationen und Einsatzbereiche ein. Darüber hinaus unterstützt das FWL Unternehmen dabei die Potentiale für Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen zu identifizieren. Mit langjähriger Erfahrung bei der Auswahl und der Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen für die Produktion und erprobten Analyse- und Gestaltungstools können die passenden 4.0-Anwendungen für verschiedene Betriebe gefunden werden.

Dabei zeigt sich, dass die bestehenden betrieblichen Lösungen oftmals noch technisch aber auch organisatorisch weit entfernt sind und die Möglichkeiten der Unternehmen zur zukunftsgerichten Gestaltung von Arbeitsplätzen unklar sind. Um diese Herausforderung für Betrieb besser greifen zu können und eine systematische Verbesserung der betrieblichen Arbeitsplatzgestaltung zu ermöglichen, wird im Folgenden ein Bewertungsmodell entwickelt.

Motivation und Zielsetzung

Mit dem Begriff „Industrie 4.0“ (im Folgenden: Industrie 4.0) wird die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie bezeichnet. Für Unternehmen gibt es viele Möglichkeiten, intelligente Vernetzung zu nutzen. Gerade kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) haben das Potential, schnell und flexibel auf technische Entwicklungen und Marktveränderungen reagieren zu können. Sie sind vielfach in der Lage Forschungsergebnisse schneller in neue Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen umzusetzen als Großunternehmen (vgl. BMBF Bekanntmachung 1353, 2017).

KMU stehen grundsätzlich ausreichend Möglichkeiten für die eigene Digitalisierung zur Verfügung. Allerdings zeigt eine Befragung von 554 Industrieunternehmen durch Ernst&Young 2018 (vgl. **Abbildung 1**), dass lediglich 32% der mittelständischen Industrieunternehmen es für sehr wichtig halten, sich mit der Thematik Industrie 4.0 auseinanderzusetzen.

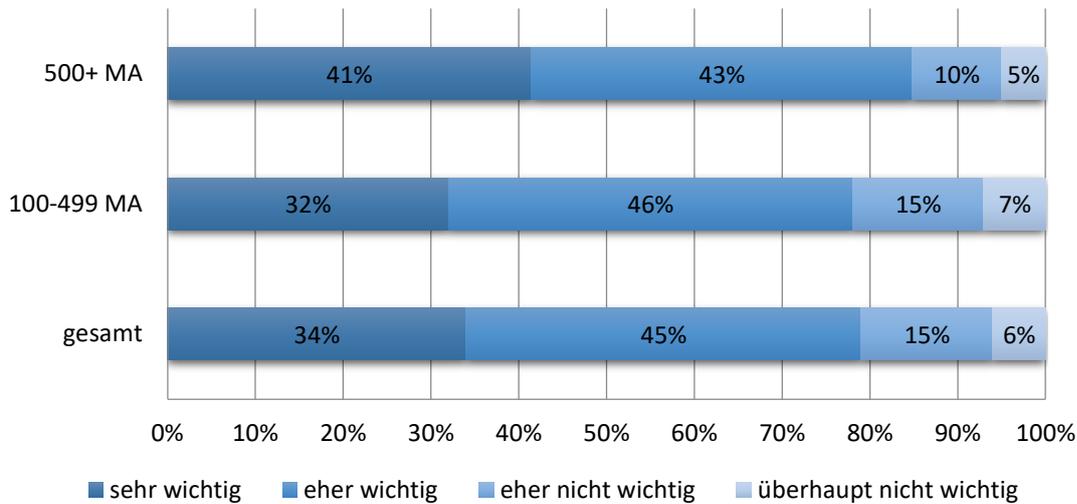


Abbildung 1: Wie wichtig ist die Auseinandersetzung mit Industrie 4.0?

Diese Zahlen lassen sich jedoch nicht als Desinteresse der Unternehmen deuten. Bei einer Vielzahl der befragten Unternehmen herrscht Unsicherheit über die relevanten technologischen Veränderungen sowie Risiken und Potentiale. Viele Unternehmen können keine klare Einschätzung treffen, wo sie sich in dieser Entwicklung einordnen sollen und an welchen Stellen bei ihnen Handlungsbedarf besteht. Eine inkorrekte Einschätzung von Risiken und Technologiepotentialen sowie falsche Entscheidungen aufgrund von mangelnden Informationen, können langfristig die Existenz dieser Unternehmen gefährden oder zu massiven Wettbewerbsnachteilen führen (vgl. Bauernhansl et al., 2016).

Nach einer IMPULS-Studie des VDMA aus 2015 befasst sich die Mehrheit der darin befragten Unternehmen bereits strategisch mit Industrie 4.0. Dennoch verfolgen etwa 40% keine explizite oder umfassende Strategie, um die Transformation zum Industrie 4.0-Unternehmen voranzutreiben (vgl. Lichtblau et al., 2015). Eine weitere Studie zeigt, dass lediglich 25 % erste Pilotprojekte umsetzen (vgl. Müller et al., 2016).

Es scheint so, dass eine Großzahl der KMU Interesse am Thema Industrie 4.0 zeigt und es als wichtig ansieht, sich damit auseinander zu setzen. Konkrete Strategien oder Projekte sind jedoch nur spärlich umgesetzt. Womöglich fehlt es an Methoden, die einfach und schnell Aufschluss darüber liefern, wo sich das Unternehmen im Hinblick auf Industrie 4.0 Tauglichkeit befindet, wo Defizite bestehen und welche Möglichkeiten bestehen, sich zu steigern. Die Experten des Future Work Labs wollen mit dieser Arbeit eine Methode liefern, die erste Erkenntnisse hinsichtlich der aufgeführten Punkte ermöglicht. Aufgrund der Kernkompetenzen unter anderem in Arbeitswissenschaft und Produktion der zwei Institute IAO und IPA fokussiert sich die Methode auf Arbeitsplätze in Produktionsumgebungen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, ein Modell zur Bewertung von Arbeitsplätzen zu entwickeln, um einerseits den Grad der Industrie 4.0 Tauglichkeit eines Arbeitsplatzes zu ermitteln und andererseits Verbesserungspotentiale aufzuzeigen (Future Work Check). Anhand des Modells sollen KMU Arbeitsplätze in Bezug auf Industrie 4.0 bewerten können, ein Ziel definieren können und auf Basis dessen, bei Bedarf in Kooperation mit dem Future Work Lab, eine strategische Roadmap zur Umsetzung konkreter Maßnahmen erstellen.

3. Entwicklung des Future Work Checks

Auf Grundlage der Zielbeschreibung wird im Folgenden das Modell zur Bewertung entwickelt. Dazu werden zunächst Rahmenbedingungen geklärt, die Verwendung wird festgelegt und die Kriterien zur Bewertung erarbeitet.

3.1. Rahmenbedingungen

Um ein Bewertungsmodell zu entwickeln, das eine valide Bewertung unterstützt, müssen vor der Entwicklung die Rahmenbedingungen definiert werden. Zunächst sollte es schnell anzuwenden sein. Der Aufwand sollte nutzengerecht sein und die Bewertung in maximal einem Halbtagsworkshop durchgeführt werden können. Um dies zu gewährleisten, muss das Modell einfach gehalten werden. Ohne lange Einarbeitung soll es möglich sein die Bewertung durchzuführen. Damit es von der Zielgruppe an KMU angewendet werden kann, soll das Modell allgemeingültig gehalten werden. Allgemeingültig bedeutet hier jedoch nur für Industrieunternehmen und deren Produktionsarbeitsplätze.

Um die Ergebnisse letztendlich vergleichen zu können, wird die Bewertung anhand vordefinierter Stufen je Kriterium erfolgen. Diese werden in Kapitel 3.4 weiter erläutert.

3.2. Verwendungszweck

Um das Vorhaben des Bewertungsmodells zu klären, muss zunächst die Verwendung erläutert werden. Wie bereits erwähnt soll anhand des Modells der IST-Stand in Hinblick auf die Industrie 4.0-Reife eines Industrie-Arbeitsplatzes ermittelt werden können. Damit diese Analyse auf einer fundierten Basis geschieht, werden in den folgenden zwei Kapiteln mehrere Kriterien aus Literatur und Expertenwissen zusammengestellt, anhand derer eine abgestufte Bewertung möglich wird. Aufgrund der definierten und einheitlichen Kriterien soll ein weiterer Verwendungszweck möglich sein: Arbeitsplätze sollen verglichen werden können, entweder mehrere Arbeitsplätze untereinander oder im Vergleich zu einem Referenz-Arbeitsplatz z.B. aus der Demowelt des Future Work Labs.

Die Kriterien werden jeweils in vier-stufige Skalen aufgegliedert, die einheitlich gestaltet sind und allgemeingültig für verschiedene Arbeitsplätze. Dies ermöglicht die Bestimmung eines IST- und SOLL-Zustandes sowie die Ableitung von Verbesserungspotentialen. Auf Basis dessen, können Entscheidungen zu darauffolgenden Maßnahmen getroffen werden.

Zusammenfassend besteht der Nutzen des Bewertungsmodells aus den folgenden drei Teilaspekten:

- 1) IST-Stand identifizieren
- 2) SOLL-Stand festlegen
- 3) Verbesserungspotential aufdecken.

Aus den Nutzenaspekten des Modells ergeben sich wiederum drei Anwendungsmöglichkeiten:

- a) Bewertung eines Arbeitsplatzes
- b) Bewertung und Vergleich (Benchmarking) zweier Arbeitsplätze
- c) Bewertung und Vergleich mit Referenzarbeitsplätzen (z.B. Demowelt des FWL).

Zur Durchführung der Bewertung vor Ort soll ein Bewertungsbogen dienen, der alle Informationen zu den Kriterien und Abstufungen enthält. Anhand dessen kann die Bewertung durchgeführt und die Ergebnisse anschaulich dargestellt werden. Dieser Schritt ist die Grundlage für weitere Maßnahmen hin zu einer optimierten Arbeitsplatzgestaltung in der Produktion.

3.3. Kriterienfindung

Es wurde bereits festgelegt, dass Kriterien erarbeitet werden sollen und die Bewertung anhand vordefinierter Abstufungen dieser durchgeführt wird. Um die wichtigsten Kriterien zur Beurteilung eines Arbeitsplatzes im Industrieumfeld zu erschließen und eine fundierte Basis zu schaffen, wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt.

Die Ergebnisse der Recherche ergaben eine erste Auflistung an wichtigen Bewertungskriterien zur weiteren Evaluation. Erweitert wurde die Liste anhand von Erfahrungen aus vorherigen Workshops zu ähnlichen Themen. Anschließend erarbeitete eine Expertenrunde im Future Work Lab die Kriterienliste und legte sich in mehreren Iterationen auf insgesamt 14 essentielle Kriterien fest. Die Hälfte dieser hat Mensch-Bezug und die andere Technologie-Bezug.

Um eine systematische Erfassung und Beurteilung von Arbeitsplätzen bezüglich des aktuellen Umsetzungsstands von Industrie 4.0 zu ermöglichen, müssen die zuvor erarbeiteten Kriterien weiter definiert werden. Pro Kriterium wurden parallel mit dem gleichen Findungsprozess vier Stufen definiert. Sie dienen zur Einordnung bei der Bewertung und ermöglichen einen schnellen und einfachen Überblick zum IST-Stand des zu bewertenden Arbeitsplatzes sowie eventuellem Verbesserungspotential. Ebenfalls ist dadurch die geforderte Vergleichbarkeit der Ergebnisse gegeben.

Die Abstufung stellt dabei keine direkte Bewertung dar. Stufe 4 ist somit nicht „besser“ als Stufe 3, sondern stellt lediglich einen höheren Erfüllungsgrad im Hinblick auf das Kriterium dar. Zur

Veranschaulichung ein Beispiel zum Kriterium der Komplexität: Wird Arbeitsplatz „X“ mit der Stufe 2 und Arbeitsplatz „Y“ mit der Stufe 3 bewertet, ist „Y“ der komplexere Arbeitsplatz. Ob das jeweilige Ergebnis nun besser oder schlechter ist, hängt von der Sichtweise ab. Wenn bei der Gestaltung auf weniger Komplexität abgezielt wird, haben beide Arbeitsplätze Verbesserungspotential und „Y“ würde etwas schlechter abschneiden.

3.4. Kriterienauflistung

Eine Übersicht der Kriterien wird im Folgenden veranschaulicht, gegliedert in Mensch- und Technologie-bezogene Abbildungen mit jeweils sieben Kriterien (Abbildung 2 + Abbildung 3). Die genauen Kriterien-Erläuterungen und die jeweiligen Stufenbeschreibungen sind im Anhang des Dokuments im Bewertungsbogen „Future Work Check“ zu finden.

Die Mensch-bezogenen Kriterien beziehen sich im erweiterten Sinne auf die Mitarbeitenden. Welche Möglichkeiten werden zur Erfüllung der Arbeit geboten und was verlangt die Aufgabe von den Mitarbeitenden? Die Mensch-bezogenen Kriterien setzen sich zusammen aus: Ergonomie, Monotonie, Lernförderlichkeit, Qualifikation, Komplexität, Autonomie und Kontrolle.

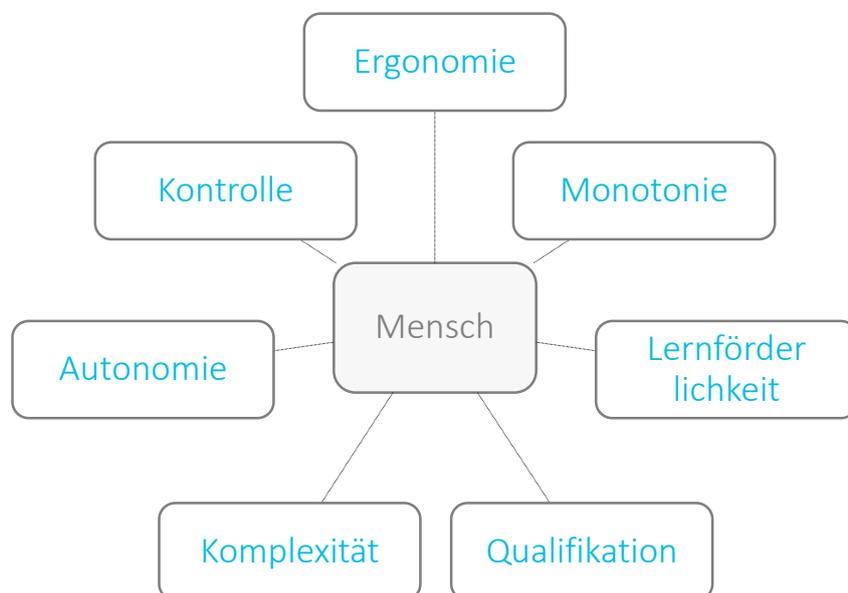


Abbildung 2: Übersicht Mensch-bezogene Kriterien

Zu den Technologie-bezogenen Kriterien zählt unter anderem die technische Autonomie, die sich hier nicht mehr auf die Autonomie der Mitarbeitenden in der Arbeit, sondern auf die des Systems bezieht (genauere Erläuterung im Anhang). Die weiteren Kriterien beziehen sich auf den Arbeitsprozess, die Eigenschaften der Arbeitsumgebung und deren Schnittstellen. Sie setzen sich zusammen aus: Technischer Robustheit, Prozessstabilität, Vernetzung, Flexibilität, Automatisierung, Autonomie (System) und Datenmanagement.

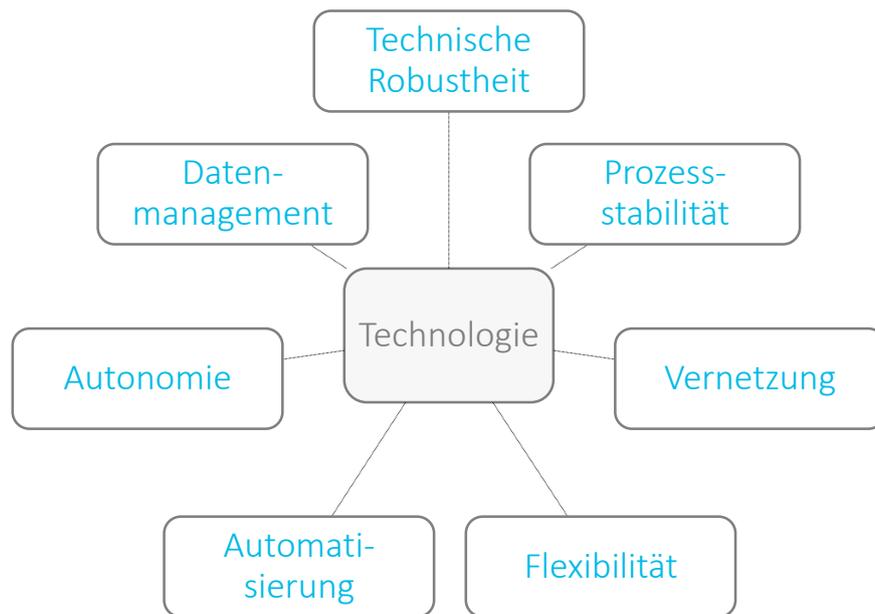


Abbildung 3: Übersicht Technologie-bezogene Kriterien

4. Anwendung des Bewertungsmodells

In diesem Kapitel wird eine Anwendung des Future Work Checks beispielhaft vorgestellt. Das Bewertungsmodell kommt dabei bei der Bewertung eines klassischen analogen Montagearbeitsplatzes im Vergleich zu einem assistierten und digitalisierten Arbeitsplatz zur Anwendung.

4.1. Beschreibung der Arbeitsplätze

Für einen klassischen, analogen Montagearbeitsplatz (vgl. Abbildung 4) ist typisch, dass Aufträge sowie Arbeitsanweisungen in einer standardisierten Form auf Papier eintreffen. Charakteristisch ist außerdem, dass es sich um einen Sitz-Arbeitsplatz mit einer definierten Montagefläche handelt. Zur Bearbeitung der Aufträge sind eine bestimmte Auswahl an Materialien und Werkzeugen an jedem Platz verfügbar sowie Spezialwerkzeug direkt am Platz oder einer Sammelstelle. Alle Aufträge die nun der Qualifikation der Mitarbeitenden oder deren Wissensstand entsprechen, können hier bearbeitet werden. Alle Aufträge die darüber hinausgehen oder spezielles Werkzeug benötigen, das womöglich an einem unbestimmten anderen Arbeitsplatz liegt, sind ohne weitere Einarbeitung und Vorbereitung nicht montierbar.

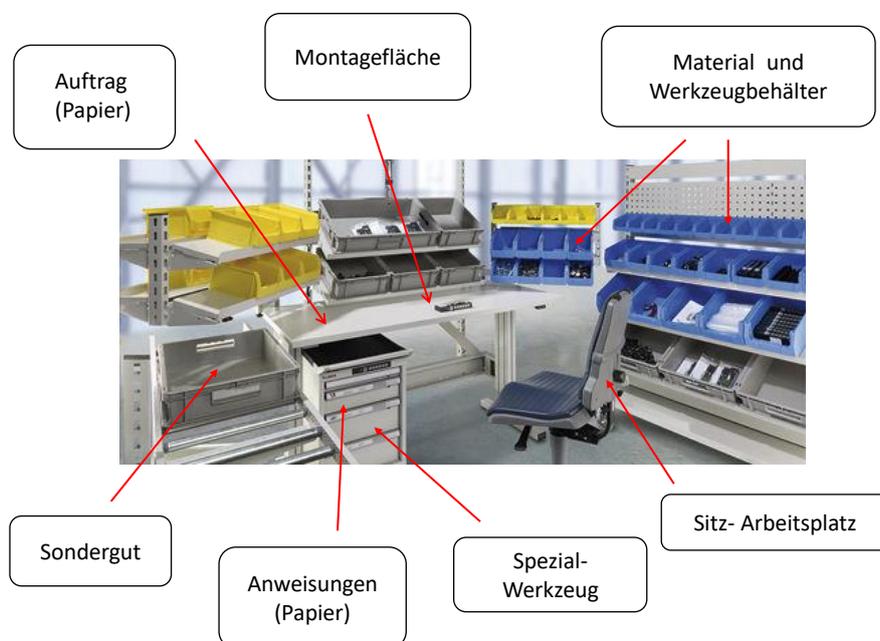


Abbildung 4: Klassischer Montagearbeitsplatz

Variantenreiche Produktportfolios der Unternehmen erfordern flexible Produktionssysteme und bringen hohe Anforderungen aufgrund wechselnder Arbeitsinhalte mit sich. Vor allem Montagemitarbeitende müssen stets wechselnde Aufträge bearbeiten können und oftmals stark veränderte Teile fehlerfrei montieren. Ein assistierter und digitaler Montagearbeitsplatz, wie der Active Assist von BOSCH Rexroth (vgl. Abbildung 5), ermöglicht es die Mitarbeitenden schneller einzulernen, komplexe Arbeitsschritte mit Lernvideos darzustellen oder den Mitarbeitenden gänzlich durch den Montageprozess zu führen.

Hierbei kommen Konzepte wie die Projektion prozessspezifischer Informationen auf die Arbeitsfläche zum Einsatz. Außerdem zeigt ein Pick-to-Light-System die korrekte Entnahme von Material und Werkzeug oder Bild- und Videomaterial die korrekte Ausführung konkreter Arbeitsschritte. Ergänzt werden diese Assistenten durch eine Tiefenbildkamera, welche die Bewegung des Mitarbeitenden erfassen kann und dem digitalen Assistenzsystem zur Überprüfung einer korrekten Ausführung zur Verfügung stellt. Lokalisierungstechnologien wie Ultraschall ermöglichen darüber hinaus die Position und korrekte Verwendung von Werkzeugen (z.B. Akkuschrauber) zu bestimmen.

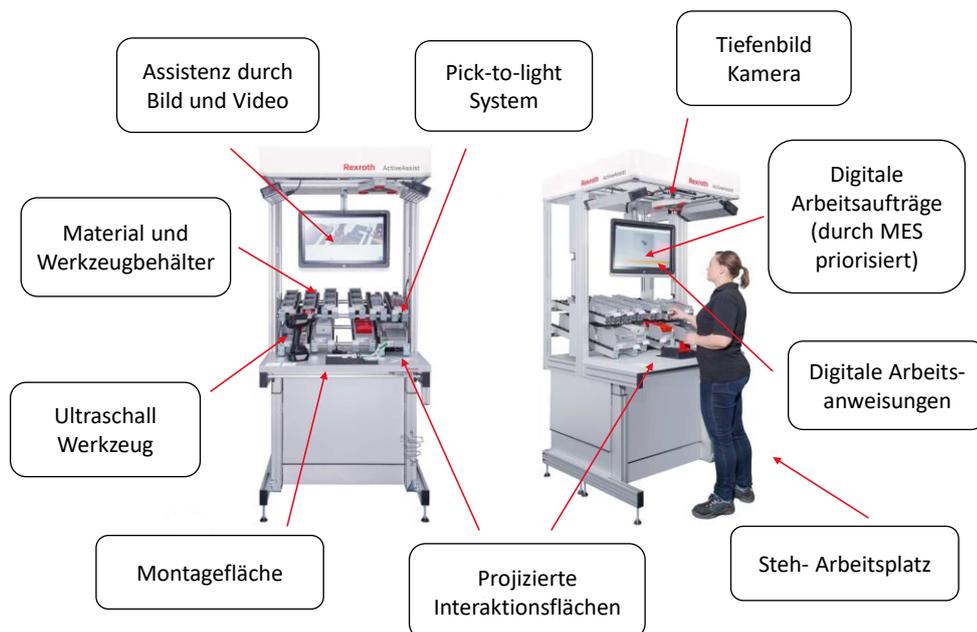


Abbildung 5: Assistierter Montagearbeitsplatz

4.2. Durchführung der Bewertung

Da es sich zum einen um einen klassischen und zum anderen um einen digitalen Arbeitsplatz mit Assistenzfunktion handelt, ist das Ziel der Bewertung die Veränderung der Mensch- und Technologie-bezogenen Kriterien darzustellen. Was verändert sich jeweils bezogen auf den Menschen und die Technik, wenn assistierte Arbeitsplätze eingeführt werden, um die variantenreichen Produktportfolios in Zukunft effizient und fehlerfrei montieren zu können?

Die Durchführung der Bewertung erfolgte anhand der insgesamt 14 Kriterien des Future Work Checks für jeweils den klassischen und den assistierten Arbeitsplatz. Dazu wurden zwei Expertengruppen mit fünf bis sieben Personen zum Thema Mensch und Technologie in der Produktion zusammengestellt. Die Gruppen bewerteten die Arbeitsplätze anhand der Mensch-bezogenen Kriterien und der Technologie-bezogenen Kriterien. Jeder Experte bewertete somit den IST-Stand der Arbeitsplätze mit einer der vordefinierten Stufen (siehe Anhang) jedes Kriteriums. Als Darstellung der resultierenden Ergebnisse wird ein Netzdiagramm ausgewählt, wie es im nachfolgenden Kapitel „4.3. Auswertung“ in Abbildung 6 und Abbildung 7 zu sehen ist.

4.3. Auswertung

Zur Auswertung der Ergebnisse der Bewertung, wurden die verschiedenen Antworten der einzelnen Experten pro Arbeitsplatz und Kriterium zu einer gemittelten Bewertung zusammengeführt. Dies diente dem Zweck anschließend Tendenzen vom einen zum anderen Arbeitsplatz herauszuarbeiten. Um die Veränderung zwischen den Arbeitsplätzen aufzuzeigen, wurden die Ergebnisse pro Kriterium ausgehend vom Cluster des klassischen Arbeitsplatzes zu dem des assistierten Arbeitsplatzes mit einem Pfeil verbunden (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7). Ergab sich eine tendenzielle Veränderung zu einer höheren Bewertungsstufe ist der Pfeil orange eingefärbt und für eine Veränderung zu einer niedrigeren Stufe blau.

4.3.1. Auswertung: Technologie

Bezüglich der Technologie zeigt sich, dass der klassische Arbeitsplatz flexibler ist als der assistierte, denn das System kann in kurzer Zeit umgerüstet werden, während das System des assistierten zunächst modifiziert werden muss. Ebenfalls zeigt dieser eine höhere technische Robustheit, da im Störfall ohne Einschränkungen weitergearbeitet werden kann, denn es existieren alternative Prozesse.

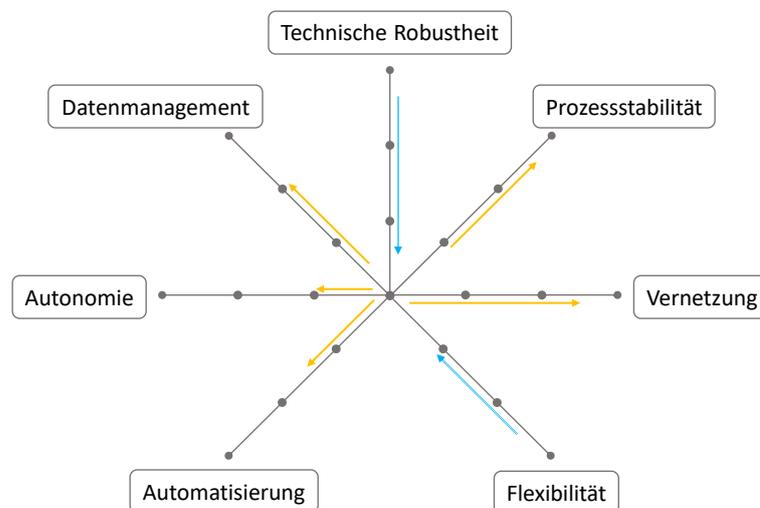


Abbildung 6: Ergebnisse der Technologie-Kriterien

Die Prozesse des assistierten Arbeitsplatzes hingegen sind stabiler, da sie Störeinflüsse automatisch kompensieren. Die Datenerfassung und –verarbeitung verläuft digital im System, was eine Zeitersparnis zur papierbasierten Arbeitsweise des klassischen Arbeitsplatzes bedeutet. Hinzu kommt eine neu gewonnene Mensch-Maschine-Interaktion zwischen dem Mitarbeitenden und dem Assistenzsystem, die vorher nicht vorhanden war sowie die gesteigerte Vernetzung des Systems, um z.B. neue Lean 4.0 Konzepte zu ermöglichen.

Einstufige Veränderungen sind in den Kategorien Autonomie und Automatisierung zu verzeichnen, da weiterhin einige Prozesse manuell durchgeführt werden müssen und der Mitarbeitende die komplette Verantwortung behält.

4.3.2. Auswertung: Mensch

Die Veränderung vom klassischen zum assistierten Arbeitsplatz bringt zunächst eine verringerte Komplexität mit sich. Die verschiedenen Assistenz-Elemente helfen dem Mitarbeitenden auch sehr komplexe oder gänzlich neue Schritte ohne lange Einarbeitung durchführen zu können. Damit geht einher, dass auch die geforderte Qualifikation eines Mitarbeitenden dieser Montage sinkt. Zum Beispiel ermöglicht die Assistenz angelernten Arbeitskräften die gleiche Montage durchzuführen, die zuvor den geübten oder erfahrenen Kräften überlassen werden musste, da die Hilfestellung des Systems das fehlende Wissen ausgleicht.

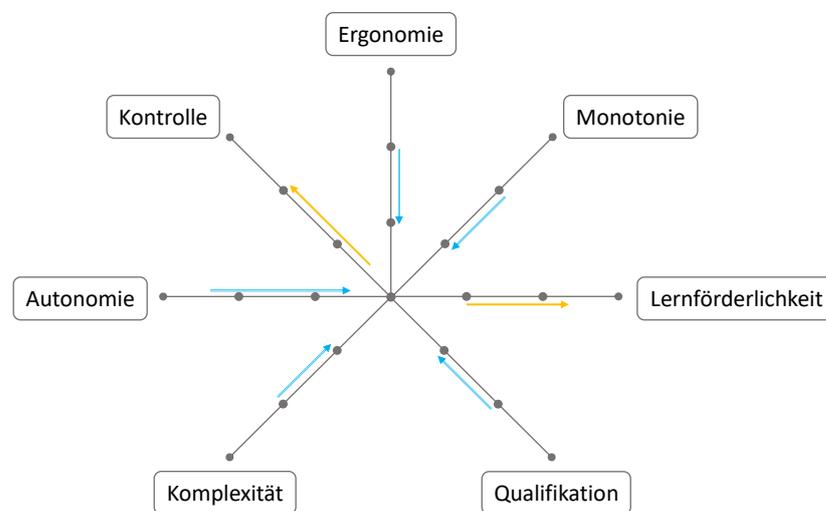


Abbildung 7: Ergebnisse der Mensch-Kriterien

Die Hilfestellung ermöglicht darüber hinaus verschiedene Aufgaben, die zuvor die Qualifikationen des Mitarbeitenden überstiegen hätten, was entgegen aufkommender Monotonie wirkt und außerdem die Lernförderlichkeit erhöht. Durch die Assistenz erhöht sich jedoch gleichzeitig die Kontrolle des Systems über die Arbeit. Die Arbeitsschrittfolge und teilweise sogar die Haltung und Benutzung von Werkzeug (Ultraschall-Akkuschrauber) wird durch das System vorgegeben, was beim klassischen Arbeitsplatz größtenteils dem Mitarbeitenden selbst überlassen wird. Dadurch nimmt die Autonomie während der Montagearbeit ab, da das System die Schritte vorgibt. Im Hinblick auf die Ergonomie der Arbeitsplätze wird der assistierte Arbeitsplatz niedriger eingestuft. Das liegt zum einen an der stehenden Arbeitsweise und zum anderen an der starren Konfiguration von Materialbehältern. Greifwege sind somit nicht immer optimal und nicht anpassbar.

4.4. Ergebnis

Die Durchführung der Bewertung zweier Arbeitsplätze anhand des entwickelten Modells lieferte das gewünschte Ergebnis und bestätigt den Nutzen des Future Work Checks. Visualisiert durch ein Netzdiagramm konnten die Unterschiede und Veränderungen von einem klassischen Arbeitsplatz zu einem assistierten Arbeitsplatz (hier: „Active Assist“) identifiziert werden. Es wurde verdeutlicht, dass das Assistenzsystem kurze Einlernzeiten, variantenreiche Produktionen und stabile Prozesse ermöglicht, dadurch jedoch Kontrolle und Autonomie an das System abgegeben wird und sich die Flexibilität und Robustheit des Systems verringert.

5. Fazit

Aus den verschiedenen Studien zum Thema Akzeptanz und Umsetzung von Industrie 4.0 Projekten in KMU in Deutschland ging hervor, dass es einer einfachen Analysemethode bedarf, durch die Defizite bzw. Potentiale bzgl. Industrie 4.0 aufgedeckt und Maßnahmen abgeleitet werden können. Mit dem Future Work Check wurde im Rahmen dieser Arbeit ein nutzerfreundliches Modell entwickelt, das zur Bewertung von Industrie-Arbeitsplätzen drei Nutzenaspekte vereint:

- 1) IST-Stand identifizieren
- 2) SOLL-Stand festlegen
- 3) Verbesserungspotential aufdecken.

Aus den Nutzenaspekten des Modells ergaben sich wiederum drei Anwendungsmöglichkeiten, anhand derer erste Erkenntnisse zur Industrie 4.0 Tauglichkeit gewonnen werden können:

- a) Bewertung eines Arbeitsplatzes
- b) Bewertung und Vergleich (Benchmarking) zweier Arbeitsplätze
- c) Bewertung und Vergleich mit Referenzarbeitsplätzen (z.B. Demowelt des FWL).

Auf Basis der Ergebnisse der Bewertung können anschließend Maßnahmen zur Verbesserung der IST-Situation in Bezug auf Industrie 4.0 erarbeitet werden. Diese können zum Beispiel in Kooperation mit der Lernwelt des Future Work Labs abgeleitet und umgesetzt werden. Die Lernwelt fördert als Kompetenzzentrum zum einen den gesellschaftlichen Dialog über zukunftsfähige Arbeitssysteme und bietet zum anderen konkrete Angebote, um Unternehmen und deren Mitarbeitende für die technologische Transformation zu sensibilisieren, zu qualifizieren und deren Nutzenpotentiale darzustellen. Darüber hinaus werden auch umfassendere Qualifizierungen und Workshops angeboten, um das gesamte Unternehmen Industrie 4.0 tauglicher aufzustellen:

- Reifegrad von Unternehmen in den Bereichen Industrie 4.0 im gesamten Wertstrom identifizieren
- Entwicklung und Bewertung der für das jeweilige Unternehmen „richtigen“ Industrie-4.0-Anwendungsfälle
- Entwicklung einer strategischen Umsetzungsroadmap und Change Management 4.0

Mit Hilfe des Future Work Check können nun KMU erste Erkenntnisse zur Industrie 4.0 Tauglichkeit ihrer Arbeitsplätze gewinnen und sich mit der Umsetzung relevanter Maßnahmen zukunftsgerichtet aufstellen. In Kooperation mit dem Future Work Lab können ferner umfassendere Maßnahmen umgesetzt werden, um das gesamte Unternehmen für die Aufgaben von morgen zu wappnen.

Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bekanntmachung 1353: Richtlinie zur Fördermaßnahme "KMU-innovativ: Mensch-Technik-Interaktion", 11.05.2017, <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1353.html>

Bitkom Research / Ernst&Young, Industrie 4.0 – das unbekannte Wesen, 24.02.2016, <https://www.bitkom-research.de/Industrie-40>

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Weißbuch Arbeiten 4.0, 11.2016, <https://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/a883-weissbuch.html>

Bauernhansl, T., Krüge J., Reinhart G., Schuh G., WGP-Standpunkt Industrie 4.0., 2016

Lichtblau, K., Stich V., Bertenrath R., Blum M., Bleider M., Millack A., Schmitt K., Schmitz E., Schröter M., Impuls Industrie 4.0-Readiness, 2015, <http://www.impuls-stiftung.de/studien>

Müller, F.G., Bressner M., Görzig D., Röber T., Industrie 4.0: Entwicklungsfelder für den Mittelstand. Aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe, 2016

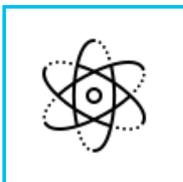
Anhang

Mensch-bezogene Kriterien



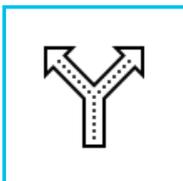
Monotonie

Ob eine Arbeit monoton oder abwechslungsreich ist, wird durch den Arbeitsinhalt beeinflusst. Monotone Arbeitsinhalte, die insbesondere durch Spezialisierung entstehen, sind durch einen inhaltlich gleichförmigen Arbeitsinhalt gekennzeichnet, der nur geringe kognitive Anforderungen stellt, jedoch trotzdem anhaltende Konzentration verlangen kann.



Komplexität

Komplexität ist zumeist mit einer unübersichtlichen und nur schwer beherrschbaren Anzahl an Elementen und Prozessen im Unternehmen verbunden. Sie kann als eine Systemeigenschaft verstanden werden, die durch die Vielfalt und Anzahl von Arbeitsanweisungen und benötigten Schnittstellen zu anderen beteiligten Personen bestimmt wird.



Autonomie (Mensch)

Als Autonomie wird gemeinhin der Zustand der Selbstbestimmung und Selbstständigkeit bezeichnet. Damit verbunden sind auch Freiräume in Form von Unabhängigkeit und Entscheidungsfreiheit. Auf den Arbeitskontext übertragen bedeutet das Einfluss auf die eigene Arbeitserbringung und Arbeitsgestaltung zu haben. Autonomie ermöglicht es dem Menschen die Arbeit so zu gestalten, dass ein individuelles Optimum im Sinne der Aufgabenerledigung erzielt werden kann.



Kontrolle

Das Kontrollieren von Arbeitstätigkeiten erfolgt in produzierenden Betrieben meist über Assistenzsysteme. Die Kontrolle reicht von passiven Elementen (z.B. Pick-by-Light), über aktive Kontrollmechanismen (z.B. Bewegungskontrolle und 3D-Überprüfung), bis hin zu vollständiger Kontrolle der Durchführung und Speicherung von personen- und leistungsbezogenen Daten. Die vollständigen Assistenten setzen eine engmaschige Kontrolle der Arbeitsabläufe um, indem sie bei Fehlern unmittelbar eingreifen sowie die Arbeitsgeschwindigkeit vorgeben.



Ergonomie

Ergonomie versteht sich als die Anpassung der Arbeit an den Menschen. Dabei geht es um das gesamte Arbeitssystem mit allen seinen Komponenten (physisch und psychisch). Bei der menschengerechten Gestaltung der Arbeit sind die arbeitswissenschaftlichen Bewertungskriterien Ausführbarkeit, Erträglichkeit, Zumutbarkeit und Zufriedenheit zu berücksichtigen. Im Hinblick auf die individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten eines jeden Menschen sind Arbeitsmittel, Arbeitsumgebung, Arbeitsplatz, Organisation und Arbeitsinhalte optimal zu gestalten.



Qualifikation

Die Arbeitsaufgabe sowie die technische Ausstattung eines Arbeitsplatzes haben direkten Einfluss darauf, in welchem Umfang Fachqualifikationen zur Bewältigung benötigt werden. Spezielle Aufgaben können z.B. nur von ausgebildeten Technikern oder Facharbeitern bearbeitet werden. Verfügt ein Arbeitsplatz jedoch über ein Assistenzsystem, das den Menschen bei der Arbeit unterstützt, kann womöglich auch eine angelernte Arbeitskraft diese Aufgabe bearbeiten oder die bisherige Arbeitskraft neue, weitergehende Tätigkeiten ausführen.



Lernförderlichkeit

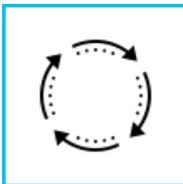
Lernförderliche Arbeit unterstützt und leitet Mitarbeiter beim Erlernen des Systems oder neuer Fähigkeiten an. Das Maß, in dem es zielführend oder notwendig ist, lernförderliche Maßnahmen zu ergreifen, ist direkt abhängig vom Grad der Abweichung einer Arbeitsaufgabe von bisherigen, gespeicherten kognitiven Mustern. Diese basieren auf der Erfahrung mit anderen Arbeitsaufgaben und ermöglichen eine Adaption von Kenntnissen auf neue Aufgaben.

Technologie-bezogene Kriterien



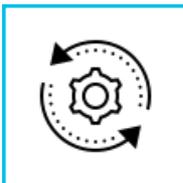
Flexibilität

Flexibilität meint die schnelle Anpassbarkeit des Arbeitssystems auf vordefinierte Anforderungsänderungen (z. B. einen vordefinierten Variantenmix). Darüber hinaus können Systeme wandlungsfähig sein und sich leicht auf neue, vorher unbekannte Anforderungsprofile anpassen lassen (z. B. für die Produktion einer neuen Produktfamilie).



Prozessstabilität

Prozessstabilität bedeutet, dass Prozesse gleichbleibende und vorhersagbare Ergebnisse liefern. Somit hat die Prozessstabilität direkten Einfluss auf die Qualität des produzierten Guts. Prozessstabilität kann bspw. durch Assistenzsysteme oder eine integrierte Prozessregelung verbessert werden. Umwelteinflüsse können damit vom System kompensiert werden.



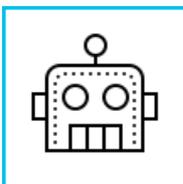
Technische Robustheit

Unter technischer Robustheit wird die Resistenz eines Systems gegenüber internen oder externen Störungen verstanden. Beim (Teil-)Ausfall von Komponenten bzw. Funktionalitäten kann der Arbeitsprozess trotzdem, ggf. mit Einschränkungen, durchgeführt werden.



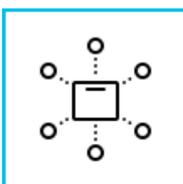
Automatisierung

Der Automatisierungsgrad ergibt sich als Verhältnis der Anzahl automatisierter Teilprozessschritte zur Gesamtzahl der Teilprozessschritte. Teilprozessschritte können hier z. B. einzelne Montageschritte sein, aber auch die Kommunikation mit anderen Systemen oder die Dokumentation.



Autonomie (System)

Autonomie wird im Zusammenhang mit der Produktion als Entscheidungs- und Handlungsfreiheit einer eindeutig definierten und abgegrenzten Umgebung mit dem Ziel einer möglichst störungsresistenten Steuerung des Systems, ohne die unmittelbare Einwirkung eines Mitarbeitenden, definiert. Bezogen auf den Anwendungsfall wird ein bedienerarmer Betrieb der zum Einsatz kommenden Maschinen angestrebt. Dabei beschreibt die Autonomie den Spielraum eines unabhängigen Systems innerhalb des Produktionsnetzes in Abhängigkeit der Aufgabenintegration.



Vernetzung

Vernetzung meint die digitale Verknüpfung und datentechnische Verbindung von technischen Systemen. Geeignete Kommunikationsschnittstellen ermöglichen neue Anwendungen, die physisch entkoppelt bereitgestellt werden können und von einer verbesserten Verfügbarkeit der gewonnenen Daten profitieren.



Datenerfassung und -verarbeitung

Datenerfassung beschreibt die Messung von Parametern mittels Sensorik. In vielen Fällen folgt im Anschluss die Speicherung. Datenverarbeitung ist die Analyse von erfassten Daten zu einem produktionsrelevanten Zweck. Diese reichen von Dokumentation über Prozessüberwachung bis hin zur autonomen Prozessplanung und -steuerung.

Mensch-bezogene Kriterien

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	
Monotonie 	Viele Wiederholungen und geringe Anforderungen <input type="checkbox"/>	Fordernde, sich wiederholende Tätigkeiten <input type="checkbox"/>	Zyklische Abwechslung der Arbeitsaufgaben <input type="checkbox"/>	Arbeitsaufgaben sind abwechslungsreich <input type="checkbox"/>	Notizen
Komplexität 	Simple Aufgabe ohne Schnittstellen <input type="checkbox"/>	Vermehrte Anzahl an Teilaufgaben in der Arbeitsaufgabe <input type="checkbox"/>	Abstimmung mit vielen Beteiligten zur Aufgabebewältigung nötig <input type="checkbox"/>	Hohe Anzahl an Teilaufgaben, viele beteiligte Personen und Schnittstellen <input type="checkbox"/>	Notizen
Autonomie (Mensch) 	Fest vorgegebene Aufgaben und definierte Abläufe, starres Umfeld <input type="checkbox"/>	Fest vorgegebene Aufgaben mit gestaltbaren Arbeitsabläufen, starres Umfeld <input type="checkbox"/>	Gestaltbare Arbeitsaufgaben und Abläufe, teilflexibles Umfeld <input type="checkbox"/>	Gestaltbare Arbeitsaufgaben und Abläufe, selbst gestaltbares Umfeld <input type="checkbox"/>	Notizen
Kontrolle 	Keine Kontrollelemente <input type="checkbox"/>	Einzelne passive Kontrollelemente (z.B. pick-by-light) <input type="checkbox"/>	Mehrere aktive Kontrollmechanismen im Einsatz <input type="checkbox"/>	Vollständige Kontrolle und Rückverfolgbarkeit auf die Person <input type="checkbox"/>	Notizen
Ergonomie 	Gefährdung der Gesundheit des Menschen durch mangelhafte Ergonomie <input type="checkbox"/>	Psychisch <u>oder</u> physisch ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz <input type="checkbox"/>	Psychisch <u>und</u> physisch ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz <input type="checkbox"/>	Gesundheitsförderliches Arbeitssystem (Arbeitsplatz und -organisation) <input type="checkbox"/>	Notizen
Qualifikation 	Tätigkeit durch ungelernete Arbeitskraft ausführbar <input type="checkbox"/>	Tätigkeit nur durch angelernte Arbeitskraft ausführbar <input type="checkbox"/>	Tätigkeit nur von Facharbeitskraft ausführbar <input type="checkbox"/>	Tätigkeit nur von TechnikerIn oder MeisterIn ausführbar <input type="checkbox"/>	Notizen
Lernförderlichkeit 	Lernen im Prozess ist weder möglich, noch wird es benötigt <input type="checkbox"/>	Lernen im Prozess ist möglich, aber ohne Einfluss auf das Ergebnis <input type="checkbox"/>	Lernen im Prozess ist notwendig, um die Aufgaben zu absolvieren <input type="checkbox"/>	Lernen im Prozess wird vorausgesetzt und direkt abgefordert <input type="checkbox"/>	Notizen

Technologie-bezogene Kriterien

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	
Flexibilität 	Das System ist starr. Es kann nicht individuell angepasst werden <input type="checkbox"/>	Das System ermöglicht die Produktion eines vorgegebenen Variantenmixes <input type="checkbox"/>	Das System ermöglicht zusätzlich die Einrichtung ähnlicher Varianten <input type="checkbox"/>	Das System ermöglicht zusätzlich die Einrichtung jeglicher neuer Varianten <input type="checkbox"/>	Notizen
Prozess-stabilität 	Der Prozess ist instabil und wirkt sich potentiell negativ auf die Produktqualität aus <input type="checkbox"/>	Der Prozess ist unter spezifischen Voraussetzungen stabil <input type="checkbox"/>	Der Prozess ist stabil und wirkt sich positiv auf die Produktqualität aus <input type="checkbox"/>	Der Prozess ist sehr stabil und kompensiert Störeinflüsse automatisch <input type="checkbox"/>	Notizen
Technische Robustheit 	Im Störfall kann nicht weitergearbeitet werden <input type="checkbox"/>	Im Störfall kann nur mit wesentlichem Aufwand weitergearbeitet werden <input type="checkbox"/>	Im Störfall kann mit leichten Einschränkungen weitergearbeitet werden <input type="checkbox"/>	Im Störfall kann ohne Einschränkungen weitergearbeitet werden <input type="checkbox"/>	Notizen
Automatisierung 	Niedriger Automatisierungsgrad. Überwiegend manuelle Tätigkeiten <input type="checkbox"/>	Mehrere Übergänge zwischen manuellen und automatisierten Arbeitsschritten <input type="checkbox"/>	Überwiegend automatisierte Prozesse <input type="checkbox"/>	Vollautomatisierung, Kommunikation mit Überwacher in Echtzeit <input type="checkbox"/>	Notizen
Autonomie (System) 	Keine Autonomie. Mitarbeitende haben die alleinige Kontrolle zu jeder Zeit <input type="checkbox"/>	Spezifische Funktionen sind autonom. Mitarbeitende kontrollieren das System <input type="checkbox"/>	Das System arbeitet hauptsächlich autonom, außer in kritischen Situationen <input type="checkbox"/>	Vollständige Autonomie. Mitarbeitende müssen zu keiner Zeit eingreifen <input type="checkbox"/>	Notizen
Vernetzung 	Wenig bis gar keine Vernetzung am Arbeitsplatz <input type="checkbox"/>	Interne Vernetzung einzelner Komponenten bzw. Teilsysteme <input type="checkbox"/>	Weitreichende interne Vernetzung und Schnittstellen nach außen <input type="checkbox"/>	Vernetzung über den Arbeitsplatz hinaus <input type="checkbox"/>	Notizen
Datenmanagement 	Keine Datenspeicherung möglich, keine Nutzung von Sensoren/Aktoren <input type="checkbox"/>	Sensoren/Aktoren sind eingebunden. Datenspeicherung erfolgt manuell <input type="checkbox"/>	Sensordaten werden verarbeitet, automat. Datenspeicher, Analyse manuell <input type="checkbox"/>	Daten werden vom System automatisch ausgewertet und extern bereitgestellt <input type="checkbox"/>	Notizen