

Herausforderungen der Mensch-Technik-Interaktion für die Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme

Michael Schenk, Tina Haase, Alinde Keller, Dirk Berndt

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung IFF, Magdeburg

Die Arbeitswelten von morgen werden maßgeblich durch digitale und vernetzte Technologien geprägt sein. Dies gilt auch für Tätigkeiten in Produktionsprozessen. Infolge der Umgestaltung von Produktionssystemen im Rahmen der unter dem Stichwort »Industrie 4.0« diskutierten Entwicklungen werden Mensch und Maschine enger zusammenarbeiten. Die Rolle des Menschen in der Produktion und damit auch die Gestaltung von Arbeitsplätzen verändern sich dabei grundlegend. Der Anteil manueller und physisch belastender Tätigkeiten wird durch den Einsatz physischer Assistenzsysteme, z. B. Mensch-Roboter-Kooperationen, zurückgehen. Gleichzeitig nehmen komplexe und wissensintensive Aufgaben zu, um Maschinen und Anlagen zu überwachen und zu steuern. Die damit verbundene zunehmende Verantwortung der Mitarbeiter kann zu einer steigenden psychischen Beanspruchung führen. Informationstechnische und kognitive Assistenzsysteme sind ein Ansatz, um die Fachkräfte bei ihrer Tätigkeit zu unterstützen und die psychische Beanspruchung zu reduzieren. Sie bieten das Potential, die Vielzahl der entscheidungsrelevanten Daten so aufzubereiten, dass sie der Arbeitsperson als Grundlage ihrer Handlung und Entscheidungsfindung dienen. Herausforderungen liegen in der lern- und kompetenzförderlichen Gestaltung der Arbeitsplätze und in dem Einbezug der Anwender in den Gestaltungsprozess. Sie werden in diesem Beitrag beschrieben und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

1 Veränderungen der Arbeitssysteme

Die Veränderungen von Arbeit infolge der zunehmenden Digitalisierung werden im wissenschaftlichen Diskurs derzeit in zwei konträren Richtungen diskutiert. Die Eine prognostiziert eine zunehmende Automatisierung der Produktion und eine damit einhergehende De-Qualifizierung der Mitarbeiter, die von den technischen Systemen gesteuert werden. Das zweite Szenario geht von einer Nutzung der Digitalisierung für eine humanorientierte Gestaltung von Arbeit aus, bei der der Mensch weiterhin der Entscheidungsträger sein wird und dabei durch informationstechnische und kognitive Assistenzsysteme unterstützt wird (Hirsch-Kreinsen et.al 2015). Die Einschätzung der Autoren ist, dass Unternehmen das Potential von Industrie 4.0 ausschöpfen, wenn sie ihre Mitarbeiter befähigen, die zunehmende Komplexität in Arbeitsprozessen mit reflexivem,

selbstbestimmten und kontextsensitiven Handeln zu bewältigen. Dafür müssen sie auch geeignete Rahmenbedingungen, z. B. lernförderliche Assistenzsysteme, bieten. Dies ist auch die Grundlage für die Entstehung von Optimierungsideen (z. B. Qualitätszirkel, KVP) und Innovationen aus der Praxis heraus (vgl. Kötter 2012).

Der Mensch zeichnet sich dadurch aus, dass er aus einer Vielzahl von Informationen, verbunden mit seinen Erfahrungen aus vorhergehenden ähnlichen Tätigkeiten, neue Situationen analysieren, Problemlösungen ableiten und Entscheidungen treffen kann.

Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung der Produktionsprozesse erhöht die Komplexität und Menge der Informationen, die für die Problemlösung herangezogen werden, z. B. eine Vielzahl von Sensordaten. Informationstechnische Assistenzsysteme werden den Fachkräften diese Informationen aufbereiten, so dass diese daraus Problemlösungen ableiten können. Neben den Informationen, die die Maschinen und Anlagen in Form von Messwerten und Sensordaten liefern, werden zukünftige Assistenzsysteme die vorangegangenen Problemlösungen verarbeiten und daraus weitergehende Assistenzinformationen entwickeln. Dies umfasst auch die Erfahrungen der Fachkräfte und erfordert Methoden und Schnittstellen, um dieses Wissen in die Assistenzlösungen integrieren zu können.

Produkte werden zunehmend individueller und erfordern daher Produktionsprozesse, die eine große Variantenvielfalt und geringe Losgrößen ermöglichen. Für die Fachkraft ergeben sich daraus eine hohe Varianz seiner Tätigkeit und eine erhöhte Anfälligkeit für Fehler. Exemplarisch für diese Charakteristik ist die Montage von Spannsystemen für Buchbindereimaschinen (Sauer, Berndt 2010). Die hohe Teilevielfalt und die geringen Losgrößen machen eine manuelle Montage der Spannsysteme notwendig, bevor sie dann der CNC-Bearbeitung zugeführt werden. Die Montagetätigkeit ist sehr verantwortungsvoll, weil falsche Konfigurationen zu Kollisionen bei der CNC-Bearbeitung und damit zu einem kostenverursachenden Defekt an der Maschine und zum Maschinenstillstand führen können. Bisher wurde die Geschwindigkeit des Bearbeitungslaufes reduziert, um im Falle einer Kollision noch eingreifen zu können.

Es wurde ein Assistenzsystem entwickelt (siehe Abbildung 1), das die Fachkraft beim manuellen Aufbau der Spannsysteme unterstützt, Fehler vermeidet und die Nutzung aktueller Daten garantiert. Ein auf Augmented-Reality basierendes System „gibt durch eine visuelle Darstellung den Typ, die Lage und die Orientierung jedes Bauteils vor. Dazu wurden mehrere Arbeitsplätze mit fest stationierten Kameras ausgestattet, die direkt auf den Arbeitsbereich ausgerichtet sind. Die Kameras nehmen kontinuierlich Bilder auf, die wiederum auf TFT-Displays direkt vor dem Monteur live dargestellt werden.“ (Sauer, Berndt, 2010)

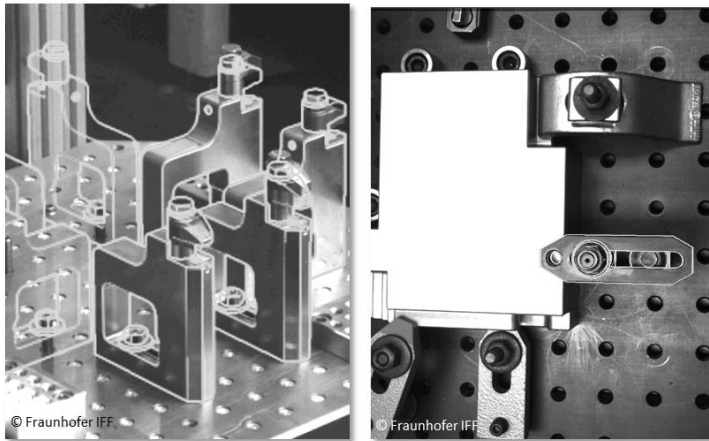


Abbildung 1: Überlagerung der realen Arbeitssituation mit CAD-Daten

Die Digitalisierung beeinflusst auch die Tätigkeit des Instandhaltungspersonals, das in die Lage versetzt werden muss, die Vielzahl verschiedenartiger Daten zu verstehen und daraus Problemlösungen abzuleiten. Ergänzend zum bisher erforderlichen disziplinübergreifenden Know-how der Instandhaltungsperson wird zunehmend das Verständnis komplexer IT-Systeme erforderlich sein, um die Produktionsprozesse in ihrer Gesamtheit verstehen und Fehler beheben zu können. Es ist davon auszugehen, dass außerdem höhere Anforderungen an die Kommunikationsfähigkeit der Mitarbeiter, sowohl abteilungs- als auch unternehmensübergreifend, benötigt werden.

Sowohl für die Montage als auch für die Instandhaltung wird die Qualifizierung der Mitarbeiter nur noch bedingt im Seminar erfolgen können. Hier werden lediglich die Grundlagen vermittelt. Lernen wird zunehmend in den Arbeitsalltag verlagert, wo Assistenzsysteme bei der Bearbeitung spezifischer Aufgaben unterstützen. Damit dieser Prozess nicht zur De-Qualifizierung der Mitarbeiter führt, müssen die Assistenzsysteme lernförderlich gestaltet werden. Diese und weitere Anforderungen werden im nächsten Abschnitt näher erläutert.

2 Anforderungen an Lern- und Assistenzsysteme

Mit dem Einsatz von Assistenzsystemen soll die spezifische Expertise der Fachkräfte für fehlerfreie und sichere Arbeitsprozesse wirksam erschlossen werden.

Bereits seit den 1980er-Jahren werden daher Konzepte und Kriterien für **die lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung** entwickelt und erprobt. Im Rahmen der

Veränderungen von Arbeit durch Industrie 4.0 müssen die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten (vgl. Mühlbradt, 2014) berücksichtigt und für die Gestaltung der Assistenzsysteme adaptiert werden.

| Kriterien | Kurzcharakteristik |
|--|--|
| Vollständige Handlung / Projektorientierung | Aufgaben mit möglichst vielen zusammenhängenden Einzelhandlungen im Sinne der vollständigen Handlung und der Projektmethode |
| Handlungsspielraum | Freiheits- und Entscheidungsgrade in der Arbeit, d. h. die unterschiedlichen Möglichkeiten, kompetent zu handeln (selbstgesteuertes Arbeiten) |
| Problem-, Komplexitätserfahrung | Ist abhängig vom Umfang und der Vielschichtigkeit der Arbeit, vom Grad der Unbestimmtheit und Vernetzung |
| Soziale /Unterstützung / Kollektivität | Kommunikation, Anregungen, Hilfestellungen mit und durch Kollegen und Vorgesetzte; Gemeinschaftlichkeit |
| Individuelle Entwicklung | Aufgaben sollen dem Entwicklungsstand des Einzelnen entsprechen, d. h., sie dürfen ihn nicht unter- oder überfordern |
| Entwicklung von Professionalität | Verbesserung der beruflichen Handlungsfähigkeit durch Erarbeitung erfolgreicher Handlungsstrategien im Verlauf der Expertiseentwicklung (Entwicklung vom Novizen bis zum Experten) |
| Reflexivität | Möglichkeiten der strukturellen und Selbstreflexivität |

Abbildung 2: Kriterien lern- und kompetenzförderlicher Arbeitsgestaltung (Quelle: in Anlehnung an Dehnbostel, 2008)

Abbildung 2 gibt einen exemplarischen Überblick über die von Dehnbostel entwickelten Kriterien. (Dehnbostel, 2008) Es wird deutlich, dass der Einsatz von Lern- und Assistenzsystemen folgende Anforderungen an deren Gestaltung stellt:

1. Die Ganzheitlichkeit der Arbeitsaufgabe muss ersichtlich sein. Der Mitarbeiter muss die Konsequenzen seines Handelns für den Gesamtprozess erkennen können.
2. Die Entscheidung und damit auch die Verantwortung für das eigene Handeln liegen weiterhin beim Mitarbeiter. Das Assistenzsystem unterstützt die Entscheidungsfindung.
3. Die Gestaltung des Assistenzsystems muss an die individuelle Entwicklung seines Bedieners anpassbar sein. Abbildung 3 gibt einen Überblick über die individuellen Faktoren, die Einfluss auf die Gestaltung von Assistenzsystemen haben. Dabei werden Vorwissen / Erfahrung, die individuellen physischen und psychischen Merkmale sowie situative Merkmale unterschieden.

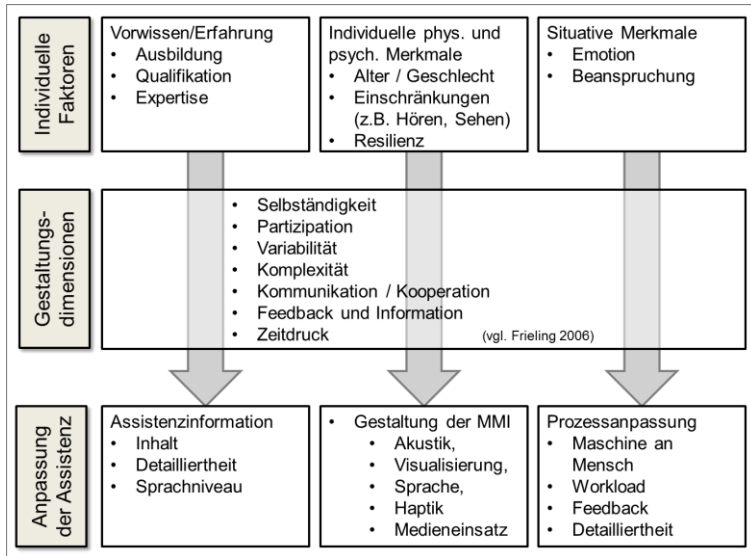


Abbildung 3: Unterscheidung individueller Faktoren, die Einfluss auf die Gestaltung des Assistenzsystems haben (Quelle: eigene Darstellung)

Neben der lern- und kompetenzförderlichen Gestaltung sollen Assistenzsysteme **an die Arbeitsaufgabe und –situation angepasst** werden. Diese Anforderung ergibt sich aus dem Nutzungskontext und beeinflusst Entscheidungen zur Auswahl der Hardware. Während das freihändige und mobile Arbeiten für den Einsatz von Datenbrillen spricht, können bei stationären Arbeiten mobile oder fest installierte Display-Lösungen zur Anwendung kommen.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der zur Qualität eines Assistenzsystems beiträgt, ist der **benutzerzentrierte Prozess zu deren Ausgestaltung**. Die DIN EN ISO 9241-210 (DIN, 2010) beschreibt den Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme und bewertet Partizipation als in hohem Maße erfolgsrelevant. Die Erfordernisse und Anforderungen der Benutzer werden erfasst und sollen die Gebrauchstauglichkeit, die Zugänglichkeit und die Nachhaltigkeit eines Assistenzsystems erhöhen. Dabei werden Aspekte wie Gesundheit, Sicherheit, Wohlbefinden, Zufriedenstellung und Beanspruchungsgrad der Anwender berücksichtigt. Die partizipative Gestaltung des Assistenzsystems zielt auf eine Steigerung der Qualität durch folgende Merkmale (Auswahl):

- Steigerung der Produktivität der Benutzer und der Wirtschaftlichkeit von Organisationen;
- Systeme sind leichter zu verstehen und zu benutzen und reduzieren so Kosten für Schulungen;

- Verbesserte User Experience;
- Erhöhte Gebrauchstauglichkeit für Menschen mit einer größeren Bandbreite von Fähigkeiten und eine dadurch erhöhte Zugänglichkeit (DIN, 2010).

Die Umsetzung der beschriebenen Anforderungen erfolgt durch eine dementsprechende Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion. Der folgende Abschnitt gibt Handlungsempfehlungen zu deren Gestaltung im Rahmen der Entwicklung von Lern- und Assistenzsystemen.

3 Handlungsempfehlungen zur Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion

Assistenzsysteme greifen stark in *vertraute Arbeitsabläufe und Organisationsstrukturen* ein. Herausforderungen bestehen deshalb in der Auswahl geeigneter Technologien und dem Ausbau sozialer Kompetenzen. Ein praktischer Mehrwert in der Mensch-Maschine-Interaktion entsteht dann, wenn der Mitarbeiter im Arbeitsprozess *müdenkt*; wenn er mit seiner technischen Umgebung *vertraut* ist, diese *akzeptiert* und *nutzt*. Die Gestaltung einer erfolgreichen Mensch-Maschine-Interaktion erfordert außerdem den Einbezug der Anwender. Dabei wird ihre Expertise genutzt und außerdem Vertrautheit, Akzeptanz und Verständnis der neuen Arbeitsabläufe beabsichtigt. Auch wird dann bereits ihr *selbstbestimmter* Umgang mit den neuen Technologien gefördert.

In der folgenden Tabelle werden aus den Anforderungen Handlungsempfehlungen für die partizipative Gestaltung von Assistenzsystemen abgeleitet.

| Anforderung | Handlungsempfehlung |
|---|---|
| Verständnis des Nutzungskontextes für Mitglieder des Projektteams ermöglichen | <ul style="list-style-type: none"> – Erfassen der unternehmensbezogenen Anforderungen der Arbeitsaufgaben, -umgebungen und Benutzer. – Ermittlung und Beschreibung von Anwender-Zielgruppen und Adressaten. – Ermittlung und Beschreibung von Stakeholdern / Interessengruppen. – Kommunikation zwischen Anwendern, Stakeholdern und Entwicklern ermöglichen, z. B. in Workshops. |
| Aufbau eines Vertrauensverhältnisses | <ul style="list-style-type: none"> – Sensibilität für Ängste und Vorbehalte – Es wird verdeutlicht, dass das Assistenzsystem den Anwender unterstützen, aber nicht ersetzen soll. – Wertschätzung der Anwender und ihres Expertenwissens. |

| | |
|--|--|
| Qualifizierungs-maßnahmen | <ul style="list-style-type: none"> - Im Entwicklungsprozess werden regelmäßig Reviews und Qualifizierungen durchgeführt. - Individuelle Stärken, Schwächen und Vorlieben der Anwender werden berücksichtigt. |
| Partizipation allgemein | <ul style="list-style-type: none"> - Gemeinsames Verständnis für die Zielfunktionalität des Systems entwickeln. - Zielgruppen angemessen beteiligen (Beachtung von Betriebsabläufen, Einbinden in reguläre Meetings etc.). |
| Partizipation im Evaluationsprozess | <ul style="list-style-type: none"> - Die Anwender unterschiedlicher Hierarchiestufen werden angeleitet, Erwartungshaltungen an das Assistenzsystem, an die Prototypen und an den Prozess zur Gestaltung zu formulieren und überprüfbare Kriterien für den Erfolg des Assistenzsystems aus ihrer Sicht zu beschreiben. - Neben der quantitativen Evaluation werden qualitative Faktoren (z. B. Mitarbeitermotivation) erfasst und berücksichtigt. |
| Partizipation der Anwender im Organisations-entwicklungsprozess | <ul style="list-style-type: none"> - Alle Mitarbeiter berücksichtigen, die mit dem Assistenzsystem arbeiten (Anwender, Führungskraft, Einkauf etc.). - Sensibilisierung der unterschiedlichen Gruppen für die Potentiale und Grenzen des Systems. |
| Didaktische Gestaltung der Benutzerführung | <ul style="list-style-type: none"> - Die didaktische Ausgestaltung folgt den Kriterien einer lern- und kompetenz-förderlichen Arbeitsgestaltung. |
| Integration von Anwenderwissen – Durchführung und Qualifizierung | <ul style="list-style-type: none"> - Für die Integration des Anwenderwissens werden Methoden angewendet, die sowohl das Faktenwissen als auch das Expertenwissen adressieren. - Die Mitarbeiter werden für die Anwendung dieser Methoden qualifiziert. |
| Didaktische Ausgestaltung der Assistenzinhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Die Auswahl und Aufbereitung der Assistenzinhalte erfolgt auf der Basis didaktischer Prinzipien (Haase et.al 2014). - Sie sollen den Kriterien einer lernförderlichen Gestaltung genügen. |
| Nutzerindividuelle Ausgestaltung der Assistenzinhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Adaption der Assistenzinhalte hinsichtlich Sprachniveau (z.B. Verwendung von Begrifflichkeiten), Detailliertheit der Informationen didaktischer Aufbereitung. |

| | |
|--|---|
| Erarbeitung der Rollenprofile | <ul style="list-style-type: none"> – Berücksichtigung der unterschiedlichen Voraussetzungen, Fähigkeiten und Berechtigungen der Anwender bei den zu definierenden Rollenprofilen. – Erarbeitung dieser Rollenprofile gemeinsam mit den Anwendern und den Führungskräften. |
| Interdisziplinarität des Entwicklerteams | <ul style="list-style-type: none"> – Entwicklung des Assistenzsystems durch ein interdisziplinäres Projektteam. |

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der wissenschaftliche Diskurs zur lern- und kompetenzförderlichen Gestaltung von Arbeitssystemen ist nicht neu (siehe z. B. Mühlbradt, 2014), muss aber im Rahmen der aktuellen Entwicklungen von Industrie 4.0 für die Gestaltung technologiebasierter Lern- und Assistenzsysteme weiterentwickelt werden.

Im vorliegenden Beitrag wurden dazu zunächst die zu erwartenden Veränderungen von Arbeitssystemen anhand ausgewählter Tätigkeiten der Montage und Instandhaltung beschrieben, Anforderungen an Lern- und Assistenzsysteme abgeleitet und Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der Systeme entwickelt. Die Entwicklung von Assistenzsystemen auf Basis der heute zur Verfügung stehenden Technologien bewegt sich dabei in einem Spannungsfeld zwischen rein instruktivistisch geprägten Systemen, in denen die Fachkraft ausschließlich Anweisungen ausführt sowie lernförderlich gestalteten Systemen, in denen der Mensch als mündiger Entscheider unterstützt wird. Die Forschungsarbeiten der Autoren orientieren sich dabei an dem Anspruch, Assistenzsysteme lern- und gesundheitsförderlich zu gestalten.

Literatur

Dehnbostel, P., 2008.

Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis : BWP ; Zeitschrift des Bundesinstituts für Berufsbildung, bibb 37* (2), S. 5–8.

DIN, ENISO. 9241-210, 2010.

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion-Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. *Berlin: Beuth*, 2010.

Frieling, E., 2006.

Lernen durch Arbeit. Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz. Münster, München [u.a.]: Waxmann.

Haase, T.; Weisenburger, N.; Termath, W.; Frosch, U.; Bergmann, D.; Dick, M., 2014.

The Didactical Design of Virtual Reality Based Learning Environments for Maintenance Technicians. In: *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Applications of Virtual and Augmented Reality: Springer*, S. 27–38.

Haase, T.; Termath, W.; Schumann, M., 2015.

Integrierte Lern- und Assistenzsysteme für die Produktion von morgen. In: *Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt. Berlin: Gito*, S. 183–207.

Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hg.), 2015.

Digitalisierung industrieller Arbeit: Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos Ed. Sigma.

Kötter, W. 2012.

Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. Betriebliche Ansatzpunkte. In: *Fachkräftesicherung : Situation – Handlungsfelder – Lösungen. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch*, S. 183–198.

Mühlbradt, T. 2014.

Was macht Arbeit lernförderlich? Eine Bestandsaufnahme (MTM-Schriften Industrial Engineering, 1).

Sauer, S.; Berndt, D. (2010).

Visuelle Assistenzsysteme für manuelle Montagevorgänge. In: *Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -Automatisierung. Leistungen und Ergebnisse. Jahresbericht 2010: Fraunhofer IFF, Magdeburg*, S. 22–23.