

Arbeitsforschung im Dreieck von Wirtschaftlichkeit, Beschäftigungsfähigkeit und Mitarbeiterorientierung (Humanität)



Norbert Breutmann
Bundesvereinigung der
Deutschen Arbeitgeber-
verbände

Arbeitspolitische und wirtschaftspolitische Themen, die in Deutschland aktuell unter dem Label »Industrie 4.0« zusammengefasst werden, dominieren nationale Forschungs- und Förderprogramme international konkurrierender Volkswirtschaften. Unter der Überschrift »advanced manufacturing« und ähnlicher Headlines werden entsprechende Fördersummen bereitgestellt, um die nationalen Ökonomien zu stärken. Fragen der (globalen) Wettbewerbsfähigkeit und damit Erkenntnisse zur Produktivität von Arbeitssystemen dürfen daher bei deutschen Forschungsprogrammen nicht fehlen, sondern sind gleichrangig zu Humanitätskriterien zu beachten.



Axel Hofmann
METALL NRW

Es ist zu erwarten, dass sich die Arbeitswelt in der näheren Zukunft erheblich verändert. Erforderlich ist einerseits eine arbeitswissenschaftliche Bilanzierung vorhandener Erkenntnisse und andererseits eine Bewertung erkennbarer Trends. Dies leitet direkt auf Forschungsaktivitäten hin, deren Ergebnisse zur Gestaltung von produktiven und effektiven Arbeitssystemen benötigt werden. Praxisorientierte Arbeitsforschung, die zwischen den Unternehmen unterschiedlicher Größen, Branchen und Regionen differenziert, muss neben der Humanität der Arbeitsbedingungen gleichermaßen auf Wirtschaftlichkeit und Beschäftigungsfähigkeit ausgerichtet sein, um die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes zu sichern.

So ergeben sich folgende zentrale Forschungsfelder:

1. Welche Entwicklungen in Bezug auf die Arbeitswelt der Zukunft sind zu erwarten, und welche Fragen sind von der Arbeitswissenschaft zu beantworten?

- Welche Rolle und Aufgaben hat der Mensch in zukünftigen Arbeitssystemen (zum Beispiel Industrie 4.0, Dienstleistung), und welche Veränderungen ergeben sich für die Anforderungs- und Qualifikationsprofile der Beschäftigten?
- Welche Möglichkeiten und Risiken bieten digitale Arbeitswelten für Betriebe und Be-

schäftigte (zum Beispiel Verbesserung von Kundenorientierung, Ansprechzeiten und Anlagennutzungsgraden; Vereinbarkeit von Familie und Beruf)?

- Wie sehen in digitalisierten, vernetzten Organisationen förderliche Unternehmenskulturen aus?
- Sind neue Ablauf- und Aufbaustrukturen erforderlich, und wie können diese gegebenenfalls implementiert und nachhaltig unterstützt werden?
- Welche neuen Notwendigkeiten/Möglichkeiten der Kompetenzentwicklung bieten zukünftige Arbeitssysteme, und wie können diese effektiv genutzt werden?

2. Welche Herausforderungen für die Arbeitswissenschaft und -forschung ergeben sich durch weiterentwickelte und neue Arbeitssysteme?

- Wie können zeitautonome Arbeitssysteme unter betriebswirtschaftlichen Aspekten und arbeitspsychologischen Erkenntnissen gestaltet und gemanagt werden?
- Was ist in Bezug auf Kommunikationsgestaltung und -management zu beachten?
- Welche Anforderungen der Arbeit ergeben sich durch Digitalisierung und Vernetzung? Neben Veränderungen in Führungsprozessen und der Kommunikation sind durch vernetzte und digitalisierte Systeme auch Verschiebungen in Anforderungs- und Qualifikationsbedarfen zu erwarten.
- Welche Auswirkungen auf den einzelnen Beschäftigten haben neue Formen der Mensch-Maschine-Interaktion (zum Beispiel Mensch-Roboter-Kollaboration, virtual and augmented reality)?
 - ▶ Welche Rolle wird der Mensch im Rahmen einer Mensch-Maschine-Kollaboration haben? Ist der Mensch Entscheider, Anhängsel oder Unsicherheitsfaktor?
 - ▶ Wie ist die Arbeit mit dem »Kollegen Roboter« in Bezug auf Produktivität, Ergonomie sowie Arbeitsschutz und -sicherheit zu gestalten, und welche emotionalen beziehungsweise psychischen Folgen sind zu erwarten?



Sven Hille
Institut für angewandte
Arbeitswissenschaft (ifaa)

- Welche neuen Anwendungsmöglichkeiten bietet die Nutzung digitaler Projektionen in der Arbeitswelt (augmented and virtual reality)?

3. Wie kann die körperliche und geistige Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten gesichert werden?

Für den Erhalt und Ausbau des Wohlstands einer Gesellschaft sind die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft und die Arbeitsfähigkeit der Menschen entscheidende Erfolgsfaktoren. Im Ergebnis der gesellschaftlichen Primärsozialisation in Familien und Schulen sollten dem Arbeitsmarkt gesunde, ausbildungsfähige und motivierte Menschen zur Verfügung stehen.

Darauf aufbauend stellt sich Arbeitgebern und Beschäftigten die Herausforderung, die körperliche und geistige Arbeits- und Leistungsfähigkeit im Erwerbsleben sicherzustellen. Neben der Fürsorge des Arbeitgebers ist damit auch die Eigenverantwortung, Eigeninitiative und Selbstregulation der Beschäftigten angesprochen.

- Welche Wechselwirkungen zwischen den Belastungsfaktoren (insbesondere im Hinblick auf psychische Belastung) gibt es?
- Wie ist, speziell im Hinblick auf die Gefährdungsbeurteilung, psychische Belastung von psychischer Beanspruchung abzugrenzen?
- Wie können Ressourcen (auch außerhalb der Arbeitswelt) gestärkt werden, damit sie langfristig die körperliche und geistige Gesundheit stabilisieren?
- Wie können Beschäftigte zur Eigenverantwortung und Selbstregulation motiviert werden?

4. Wie kann Führung in digitalisierten Organisationen gestaltet werden?

Führungskräfte werden sich verstärkt mit der Gestaltung von Management-, Kommunikations-, Produktions- und Führungsprozessen auseinandersetzen müssen. Dies ist insbesondere durch die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette sowie Automatisierungen von einzelnen Kundenaufträgen, EDV-gesteuerte, intelligente Produktion und ein Höchstmaß an Flexibilität über die Unternehmensgrenze hinaus bedingt.

Aus zentral gesteuerten, klar strukturierten Organisationen werden international verteilte, vernetzte Einheiten. Somit verändern sich die Anforderungen an die Führungskräfte, die

Führungsprozesse und -instrumente sowie die Erwartungen an die Beschäftigten selbst. Neben fundierten betriebswirtschaftlichen Kenntnissen gewinnt das Wissen im Bereich des Industrial Engineerings und der entsprechenden Produkt- und Produktionstechnologie zunehmend an Bedeutung. Für die Führungskraft von morgen wird es immer wichtiger, Entwicklungen zu beobachten oder gar vorauszusehen und daraus Veränderungen bezüglich der Fertigungsmethoden und Logistikketten abzuleiten. Ein ausgeprägtes Verständnis für die Prozesse und die Kunden-Lieferanten-Verantwortung ist daher zwingend erforderlich.

- Welche Anforderungen ergeben sich durch neue Arbeitsformen an die Führungskraft?
- Was kann Führung zur Gesundheit von Führungskräften/Beschäftigten beitragen?

Damit sind einige wesentliche Forschungsfelder genannt. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird nicht erhoben. Aber generell gilt: Die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland lässt sich nur durch wirtschaftlich und produktiv gestaltete Arbeits- und Organisationsprozesse nachhaltig sichern. Dazu bedarf es einer praxisorientierten und zukunftsorientierten Arbeitsforschung. ■

Text: Norbert Breutmann, Axel Hofmann, Sven Hille, Kai Schweppe



Kai Schweppe
SÜDWESTMETALL

Autoren-Kontakt

Dipl.-Ing. Norbert Breutmann
Leiter Arbeitswissenschaft
Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände
Tel.: +49 30 2033-0
E-Mail: bda@arbeitgeber.de

Dipl.-Päd. Sven Hille
Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (ifaa)
Tel.: +49 211 542263-34
E-Mail: s.hille@ifaa-mail.de

Dipl.-Psych. Axel Hofmann
METALL NRW
Verband der Metall- und Elektro-Industrie Nordrhein-Westfalen e. V.
Tel.: +49 211 4573-228
E-Mail: A.Hofmann@metallnrw.de

Dipl.-Ing. Kai Schweppe
Geschäftsführer Arbeitspolitik
SÜDWESTMETALL, Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e. V.
Tel.: +49 711 7682-146
E-Mail: schweppe@suedwestmetall.de

Ergonomische Gestaltung von Produktionsmaschinen im Kontext der Industrie 4.0



Sven Hinrichsen
Hochschule Ostwestfalen-
Lippe

Der Maschinen- und Anlagenbau steht vor einer technologischen Veränderung. Diese beinhaltet zum einen die Integration von zunehmenden Funktionen in Maschinen und zum anderen die Vernetzung von Maschinen über das Internet. Diese Entwicklung wird in Deutschland auch mit dem Begriff »Industrie 4.0« gekennzeichnet. Im Zuge dieser Entwicklungen kommt der ergonomischen Gestaltung von Produktionsmaschinen eine entscheidende Bedeutung zu. Anhand einer Studie zur Verwendung von Bildzeichen an Bedienelementen konnte gezeigt werden, dass deutliche ergonomische Verbesserungspotenziale bestehen.



Daniel Riediger
Hochschule Ostwestfalen-
Lippe

Ausgangssituation

Die ergonomische Gestaltung von Produktionsmaschinen wirkt sich für alle Beteiligten positiv aus – erstens für die in der Produktion Beschäftigten, zweitens für Produktionsunternehmen als Betreiber dieser Maschinen und drittens für die Hersteller der Maschinen. Ergonomische Bedienkonzepte tragen zur Arbeitszufriedenheit der Beschäftigten und zur Vermeidung einseitiger Belastungen sowie negativer Beanspruchungsfolgen bei. Für Produktionsunternehmen wirken sich ergonomisch gestaltete Maschinen zumeist deutlich positiv auf die Wirtschaftlichkeit ihrer Investition aus, da ergonomische Gestaltungslösungen zur Effizienz von Rüst-, Bedien- und Instandhaltungsprozessen beitragen. Für Maschinenhersteller stellen ergonomisch gestaltete Produktionsmaschinen einen strategischen Wettbewerbsvorteil und ein handfestes Verkaufsargument dar.

Diese positiven Wirkungen ergonomisch gestalteter Produktionsmaschinen werden durch weitere Herausforderungen und Trends im Maschinen- und Anlagenbau verstärkt. So steht der Maschinen- und Anlagenbau vor einer grundlegenden technologischen Veränderung. Diese beinhaltet zum einen die Integration von zunehmenden Funktionen in Maschinen und zum anderen die Vernetzung von Maschinen über das Internet. Diese Entwick-



Benjamin Adrian
Hochschule Ostwestfalen-
Lippe

lung wird auch mit dem Begriff »Industrie 4.0« gekennzeichnet.

Ziel des Beitrages ist es, die technologischen Trends der Gestaltung von Produktionsmaschinen anhand eines Modells aufzuzeigen und darauf aufbauend die Bedeutung der Ergonomie von Produktionsmaschinen sowie konkrete Gestaltungshinweise anhand von Studienergebnissen zu Bildzeichen an Produktionsmaschinen darzustellen. Die Ergebnisse dieser Studie sind im Rahmen des vom Land NRW geförderten Forschungsschwerpunktes »ProErgo« (Ergonomische Gestaltung von Produktionsmaschinen im Kontext der Industrie 4.0) entstanden.

Gestaltung von Produktionsmaschinen im Kontext der Industrie 4.0

Kernelement der »Industrie 4.0« ist das Zukunftsbild der »Smart Factory« (Kagermann et al. 2012, S. 12), in der eine Vielzahl von »Cyber-Physical Systems« (CPS) zusammenwirkt. Dieses Zukunftsbild bezieht sich auf Betriebsmittel, Menschen und Produkte und damit auf die wesentlichen Bestandteile eines Arbeitssystems (Hinrichsen, Jasperneite 2013). Daher bilden Betriebsmittel, Menschen und Produkte den Kern einer Lemgoer Perspektive auf die Industrie 4.0 (siehe Abbildung 1).

Entsprechend des Modells darf die Entwicklung zur Smart Factory keinen Selbstzweck verfolgen, sondern hat sich an den üblichen Zielgrößen einer Produktion zu orientieren. Zu diesen zählen zum Beispiel Arbeitsproduktivität, Overall Equipment Effectiveness (OEE) oder Bestände und Durchlaufzeiten. Gemäß Abbildung 1 lassen sich fünf Handlungsfelder unterscheiden, die auch mit der Gestaltung von Produktionsmaschinen zusammenhängen und nachfolgend kurz erläutert werden.

Handlungsfeld I: Assistenz- und Bediensysteme

Der Trend einer zunehmenden technologischen Komplexität von Produktionsmaschinen ist vor allem auf die Integration zusätzlicher Funktio-

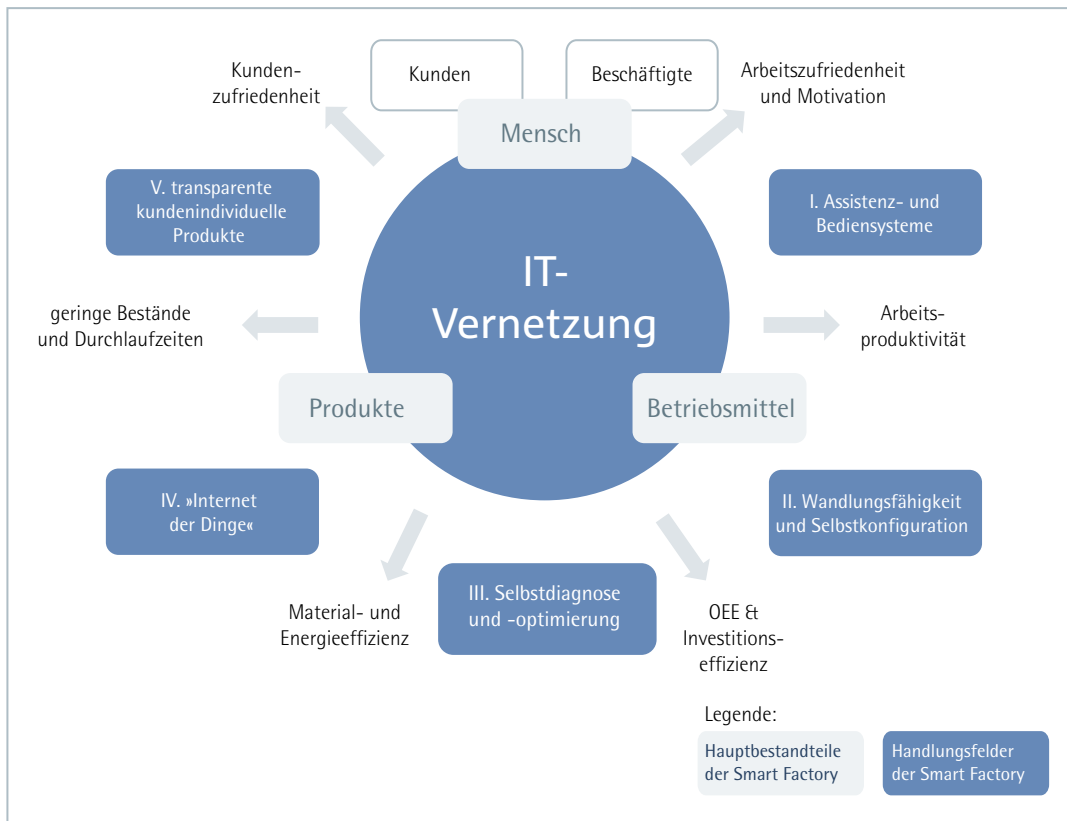


Abb. 1: Lemgoer Perspektive auf die Industrie 4.0

Quelle: Hinrichsen, Jasperseite 2014

nen in diese Maschinen zurückzuführen. Mit steigendem Funktionsumfang der Maschinen geht eine erhöhte Anzahl an Bedienelementen einher, die vielfach die Übersichtlichkeit der Bedienung einschränkt (Brecher et al. 2011, S. 554) und zu höheren kognitiven Anforderungen bei der Maschinenbedienung führt (Levchuk et al. 2012, S. 1594).

Die Komplexität der Maschinenfunktionalitäten kann in Verbindung mit einer unübersichtlichen Gestaltung und Anordnung einzelner Funktionen zudem dazu führen, dass Maschinenbediener bei ihrer alltäglichen Arbeit nur einen Teil der ihnen zur Verfügung stehenden Funktionen nutzen und damit die wirtschaftlichen Potenziale der Maschinen nicht ausschöpfen. Während bei Smartphones und bei Home Entertainment-Geräten eine Multitouch-Bedienung mit Gestensteuerung mittlerweile als technischer Standard gilt, der von den Benutzern akzeptiert und geschätzt wird, ist bei Maschinen die einfache Single Touch-Bedienung Stand der Technik (Brecher et al. 2011, S. 555). Auch werden Entwicklungen im Bereich der kontextsensitiven Rückmeldungen (ebd., S. 556) oder der Augmented Reality-Technologien zur Unterstützung von Anlern- oder komplexen Bedien-, Rüst- oder Instandhaltungsprozessen bisher nur unzureichend genutzt, so dass die Weiterentwicklung der Assistenzsysteme von Produktionsmaschinen und damit die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle als ein

Handlungsfeld der Smart Factory angesehen werden kann.

Handlungsfeld II: Wandlungsfähigkeit und Selbstkonfiguration

Der Trend einer zunehmenden Produkt- und Variantenvielfalt bis hin zu individualisierten Produkten macht es notwendig, Betriebsmittel und insbesondere Produktionsmaschinen so zu gestalten, dass diese möglichst für ein breites Produktspektrum einsetzbar oder einfach auf neue Produkte oder Produktvarianten umzurüsten sind.

Wiendahl et al. (2009, S. 121ff.) beschreiben mit der Modularität, Kompatibilität, Mobilität, Universalität und Skalierbarkeit eines Systems Wandlungsbefähiger. Die Ergonomie kann als weiterer wichtiger Wandlungsbefähiger aufgefasst werden, da ein einfacher Systemumbau auch von der Gestaltung der Mensch-Technik-Schnittstelle abhängig ist (zum Beispiel Schnellspannsystem zum Hinzufügen eines Moduls).

Die Selbstkonfiguration, auch »Plug and Produce« genannt, kann als spezielle Ausprägung der Kompatibilität eines Fertigungssystems angesehen werden. Mit ihr ist gemeint, dass Module – analog der »Plug and Play«-Funktion eines Computers beziehungsweise seiner Peripherie – von der Systemsteuerung erkannt werden und sich selbst, ohne menschlichen Eingriff, konfigurieren können (Jasperseite et al. 2015).

Abb. 2: Informationen zu den untersuchten Produktionsmaschinen

Fallstudie	Produktionsmaschine	Baujahr	Bediensystem	Anzahl Probanden
1	Lasersinteranlage EOS FORMIGA P100 und P110	2006/2011	Grafische Anzeige mit Touchscreen	11
2	CNC Universal-Drehmaschine DMG MORI SEIKI CTX alpha 300	2013	Tastenbedienung und grafische Anzeige	10
	Kunststoffspritzgießmaschine Arburg Allrounder 420 C	2008	Tastenbedienung und grafische Anzeige mit Touchscreen	10
	Laserbearbeitungsanlage Laservorm LVS-909F	2011	Tastenbedienung und grafische Anzeige	10
3	Holzbearbeitungsmaschine	2013	Tastenbedienung und grafische Anzeige mit Touchscreen	11

Literatur

BAuA (2010) Ergonomiekompandium – Anwendung ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Böhringer, J.; Bühler, P.; Schlaich, P.; Sinner, D. (2014): Kompendium der Mediengestaltung für Digital- und Printmedien – I. Konzeption und Gestaltung, 6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg

Brecher, C.; Kolster, D.; Herfs, W. (2011): Innovative Benutzerschnittstellen für die Bedienpanels von Werkzeugmaschinen, In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 106 (2011) 07/08, S. 553–556

DATech (2006) DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit, Leitfaden für die ergonomische Evaluierung von Software auf Grundlage von DIN EN ISO 9241, Teile 10 und 11, Version 3.3, Deutsche Akkreditierungsstelle Technik GmbH

DIN ISO 7000:2008 Grafische Symbole auf Einrichtungen – Index und Übersicht.

Handlungsfeld III: Selbstdiagnose und -optimierung

Produktionsmaschinen können ebenso wie Werkstückträger oder Produkte vernetzt als sogenannte Cyber-Physical Systems aufgefasst werden. Mittels der Erfassung von Umgebungsfaktoren, deren Verarbeitung und Kommunikation unter den Systemelementen, können Zustände analysiert und Bearbeitungsprozesse ohne menschlichen Eingriff verbessert werden. Ziel der Entwicklung ist es, Produktionsmaschinen so zu gestalten, dass sie Abweichungen erfassen und interpretieren können, um selbstständig Einstellungen zu optimieren (Kagermann et al. 2012, S. 12f.).

Handlungsfeld IV: Internet der Dinge

Über immer kleinere eingebettete Systeme ist es möglich, Produkten oder Werkstückträgern ein »digitales Produktgedächtnis« zu geben, wodurch sie jederzeit eindeutig identifizierbar und lokalisierbar sind. In den Produkten können Informationen zu ihrem aktuellen Status, zur Produktionshistorie und zum Zielzustand inklusive der geplanten, noch auszuführenden Prozessschritte gespeichert werden, so dass Zustandsabfragen zu einzelnen Produkten in Echtzeit möglich sind. Produkte können zum Beispiel drahtlos untereinander und mit Betriebsmitteln – wie Produktionsmaschinen, Förder- und Lagertechnik – sowie mit Menschen zum Beispiel über »Augmented Reality«-Systeme kommunizieren (siehe Handlungsfeld Assistenz- und Bediensysteme).

Handlungsfeld V: Transparente und kundenspezifische Produktion

Ziel im Handlungsfeld V ist es, Kunden und Lieferanten in hohem Maße in den Prozess der Auftragsabwicklung zu integrieren. Der Kunde nimmt – nach diesem Szenario – beispielsweise online die Produktkonfiguration vor. Das Produktionsplanungssystem des Anbieters prüft daraufhin automatisiert Einkaufspreise einzelner Lieferanten sowie Verfügbarkeiten von Produktionskapazitäten, auch lieferantenseitig, und meldet dem Kunden Informationen zum Verkaufspreis und Liefertermin zurück. Der Kunde kann sich nach der Erteilung des Auftrages – auch aufgrund der CPS-Funktionen von Produkten – stets online über den aktuellen Status seines Auftrages informieren und via Internet auch Auftragsänderungen vornehmen (Geisberger, Broy 2012, S. 55; Hinrichsen, Jasperneite 2013, S. 46f.).

Ergonomische Gestaltung von grafischen Bedienelementen an Produktionsmaschinen

Der Ergonomie von Produktionsmaschinen kommt im Kontext der Entwicklungen, die unter dem Begriff der Industrie 4.0 subsumiert werden, eine entscheidende Bedeutung zu. Entsprechend dem Handlungsfeld I – Assistenz- und Bediensysteme – besteht der Trend einer zunehmenden technologischen Komplexität von Maschinen und damit einer steigenden Anzahl an Bedienelementen. In der Folge nehmen die

Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit (Usability) der Bediensysteme weiter zu. Bildzeichen als Bedienelemente von Produktionsmaschinen sollen den Benutzer in der Bedienung unterstützen sowie Informationen sprachunabhängig vermitteln (DIN ISO 7000:2008, S. 4). Damit trägt die symbolische Kennzeichnung von Funktionen deutlich zur Gebrauchstauglichkeit, insbesondere zur intuitiven Bedienbarkeit von Maschinen, bei.

In einer Studie wurde die intuitive Bedienbarkeit von Produktionsmaschinen im Hinblick auf die verwendeten Bildzeichen (Icons) untersucht. Aus den Ergebnissen der Untersuchung wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die unter anderem zu einer nutzergerechteren Gestaltung von Bedienschnittstellen und zu einer höheren Arbeitsproduktivität führen (Riediger et al. 2015).

Vorgehensweise und Methodik

Die durchgeführte Untersuchung gliedert sich in drei Fallstudien. Die Fallstudien beinhalten Labor- und Felduntersuchungen an fünf modernen Produktionsmaschinen (Lasersinteranlage, CNC Universal-Drehmaschine, Kunststoffspritzgießmaschine, Laserbearbeitungsmaschine, Holzbearbeitungsmaschine) mit jeweils unterschiedlichem Bedienkonzept (Abbildung 2).

Die erste Fallstudie wurde als Labor- und Felduntersuchung bei einem großen Hersteller industrieller Verbindungstechnik sowie im Labor für Entwicklung und Konstruktion der Hochschule Ostwestfalen-Lippe durchgeführt. In Fallstudie 2 fanden Usability-Tests in verschiedenen Laboren der Hochschule Ostwestfalen-Lippe statt. Fallstudie 3 wurde bei einem Hersteller von Holzbearbeitungsmaschinen sowie zwei weiteren Produktionsbetrieben der Holzbranche durchgeführt.

Die gewählte Vorgehensweise in allen Fallstudien beinhaltete die Durchführung von Usability-Tests in Kombination mit Video- und Sprachaufzeichnungen, den Einsatz von Fragebögen sowie einen abschließenden Workshop, in dem auf Basis der Analyseergebnisse Maßnahmen diskutiert und Gestaltungsempfehlungen abgeleitet wurden.

Für die Durchführung der Usability-Tests wurden Probanden unterschiedlichen Alters aus Studierenden und wissenschaftlichen Mitarbeitern der Hochschule Ostwestfalen-Lippe und ohne Vorerfahrung an der jeweiligen Produktionsmaschine ausgewählt. Die Probanden erhielten eine kurze Einführung zu der jeweiligen

Produktionsmaschine und mussten verschiedene Aufgaben mit minimaler Unterstützung durch den Versuchsleiter an der Maschine selbstständig lösen und kommentieren.

Nach Beendigung aller Aufgaben wurde ein Fragebogen – angelehnt an das Ergonomiekompodium der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA 2010, S. 59f.) – zur Bedienung der Maschine ausgefüllt, in dem verschiedene Aspekte zur Bedienung und Gestaltung der Produktionsmaschine bewertet wurden.

Die Aufgaben an den Produktionsmaschinen umfassten neben den Grundfunktionen – wie zum Beispiel dem Ein- und Ausschalten der Maschine – eine Auswahl von typischen Arbeitsaufgaben, die der Maschinenbediener im Alltag durchführt. Die Dauer eines jeden Usability-Tests betrug etwa 45 Minuten pro Proband.

Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung der Aufzeichnungen und Videoaufnahmen aus den Usability-Tests zeigt, dass die Mensch-Maschine-Kompatibilität an den untersuchten Produktionsmaschinen in Bezug auf die Selbstbeschreibungsfähigkeit der verwendeten Bildzeichen verbessert werden kann.

In der Ausführung der Aufgaben wurden häufig sogenannte Fehlhandlungen beobachtet, deren Grundursachen auf eine nicht geeignete Darstellung von Bildzeichen oder deren Beschriftungen zurückzuführen sind. Abbildung 4 stellt die beobachteten Fehlhandlungen, die Arten der Fehlhandlungen sowie die ermittelten Grundursachen dar.

Nachfolgend wird eine Auswahl von Beispielen zu den beobachteten Fehlhandlungen wiedergegeben.

1. Grafisches Symbol nicht gefunden

An der Lasersinteranlage konnten beispielsweise Schwierigkeiten der Probanden beim Laden des Bauauftrages (sieben von elf Probanden) beobachtet werden, da die Symboldarstellung als nicht verständlich empfunden und bemängelt wurde (Riediger et al. 2014, S. 95). An der CNC Universal-Drehmaschine wurde das Bildzeichen-Nr. 0983 mit dem Titel »Programm mit Maschinen-Funktion« (vgl. DIN ISO 7000:2008-12, S. 44 f.) von annähernd allen Probanden (neun von zehn Probanden) als nicht selbsterklärend bemängelt, da es nur aufgrund seines Schriftzuges gefunden werden konnte. An der Holzbearbeitungsmaschine konnten sieben von

DIN EN ISO 9241-210 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion; Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme

Geisberger, E.; Broy, M. (2012): Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. acatech Studie. März 2012 verfügbar unter: <http://www.acatech.de/de/publikationen/empfehlungen/acatech-detail/artikel/acatech-studie-agendacaps-integrierte-forschungsagenda-cyber-physical-systems.html> Zugegriffen am: 28.03.2013

Grandt, M.; Ley, D. (2008): Unterstützung von Entscheidungsprozessen durch benutzerzentrierte Gestaltung von Führungssystemen. In: Schmidt, L.; Schlick, CM.; Grosche, J. (Ed): Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme. Berlin Heidelberg: Springer

Hinrichsen, S.; Jasperneite, J. (2013): Industrie 4.0 – Begriff, Stand der Umsetzung und kritische Würdigung. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung. 216 (2013) 2, S. 45-47

Hinrichsen, S.; Jasperneite, J. (2014): Montage 4.0 – ergonomisch, wandlungsfähig und produktiv. In: 2. Forum Produktion im Maschinenbau: Produktionsprozess im Wandel, neue Chancen durch Industrie 4.0 (Vortrag) Gütersloh, Juni 2014

Hinrichsen, S.; Schrader, F.; Lücke, B. (2014): Versatile Assembly Systems – Requirements, Design Principles and Examples. In: Villmer, F.-J.; Padoano, E. (Hrsg.): Production Engineering and Management. Proceedings 4th International Conference. 25.- 26.09.2014 in Lemgo, Schriftenreihe Logistik, Band 10/2014, S. 37-45

Jasperneite, J.; Hinrichsen, S.; Niggemann, O. (2015): »Plug-and-Produce« für Fertigungssysteme. In: Informatik Spektrum. Februar 2015

Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (2012): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0., 2012 verfügbar unter: http://www.hightech-strategie.de/_files/industrie_4_0_umsetzungsempfehlungen.pdf Zugegriffen am 17.03.2013

Levchuk, I.; Schäfer, A.; Lang, K.-H.; Gebhardt, H.; Klusmann, A. (2012): Needs of ergonomic design at control units in production industries. In: *Work – A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*. 41 (2012), S. 1594–1598.

Riediger D.; Hinrichsen S.; Villmer F.-J. (2014): Ergonomische Gestaltung von Arbeitsprozessen in der additiven Fertigung. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft*. Dortmund: GfA-Press, S. 94–96

Riediger, D.; Hinrichsen, S.; Schlee, A. (2015): Ergonomische Gestaltung von grafischen Bedienelementen an Produktionsmaschinen. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Verantwortung für die Arbeit der Zukunft. Bericht zum 61. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) vom 25.–27. Februar 2015 in Karlsruhe, Dortmund: GfA-Press*

Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P. (2009): *Handbuch Fabrikplanung – Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*. München: Hanser



Abb. 3: Usability-Test an der CNC Universal-Drehmaschine

elf Probanden das Symbol zum Einschalten der Heizung nicht finden, da die verkürzte Bezeichnung »Auftragsei...« nicht interpretiert werden konnte und die Symboldarstellung nicht selbst-erklärend war.

2. Fehlbedienung

An der CNC Universal-Drehmaschine benutzten beispielsweise alle Probanden die Taste »SELECT« zur Programmauswahl, obwohl diese Taste in diesem Kontext nicht zielführend war. Bei der Holzbearbeitungsmaschine wurden sechs von acht Haupt-Funktionssymbolen von den Probanden entweder nicht erkannt oder mit anderen Funktionen in Verbindung gebracht und entsprechend ausgewählt.

3. Zusätzliche und überflüssige Handlungen

Bei der Holzbearbeitungsmaschine war es zum Beispiel für mehrere Probanden nicht ersichtlich, ob ein für den Bearbeitungsprozess erforderliches Aggregat eingeschaltet ist, da die gelbe Darstellung des Bildzeichens für die Probanden nicht erwartungskonform erfolgte und mit einem Fehler in Verbindung gebracht wurde. Bei der Zuführung von Material für den Bear-

beitungsprozess kamen alle 11 Probanden nicht zum Ziel, da das alleinige Drücken des Symbols keine Rückmeldung des Systems oder eine Handlungsanweisung verursachte. Beide genannten Beispiele führten zu Verunsicherung bei den Probanden und der Suche nach möglichen Folgeschritten.

Insgesamt konnte im Rahmen der Gesamtstudie festgestellt werden, dass Maschinenhersteller selbstgestaltete Symboliken während der Entwicklungsphase der Maschinen anscheinend nicht oder nur unzureichend testen und dass deshalb deutliche Schwachstellen in der Selbstbeschreibungsfähigkeit von einzelnen Bildzeichen existieren. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse auch, dass die Verwendung genormter Symbole aus der DIN ISO 7000:2008 problematisch sein kann, da die Symboldarstellungen von den Probanden nicht durchgängig als selbstbeschreibungsfähig empfunden wurden. Die in Abbildung 4 dargestellten Fehlhandlungen können die Bedienung erheblich verzögern, zu Fehlbedienungen führen und Unsicherheiten beim Bediener verursachen.

Anforderungen an die Gestaltung von grafischen Symbolen

Bei der Gestaltung grafischer Symbole sind softwareergonomische Gestaltungsempfehlun-

Beobachtete (Fehl-) Handlungen	Art der (Fehl-) Handlungen	Grundursachen	
graphisches Symbol nicht gefunden	graphische Symbole	Funktion des Symbols nicht interpretiert	Symboldarstellung nicht verständlich
		graph. Symbol an anderer Stelle vermutet	Nicht erwartungskonforme Anordnung
	Symbolbeschriftung	Symbolbeschriftung nicht lesbar	Unverständliche Abkürzung oder zu kleine Schrift
		Symbolbeschriftung nicht verständlich bzw. nicht erwartungskonform	Ungenau, nicht zuordenbare Begriffswahl oder unverständliche Sprache
Fehlbedienung	graphische Symbole	graph. Symbol verwechselt	Ungenügende Differenzierung
			Darstellung im falschen Kontext
zusätzliche und überflüssige Handlungen	graphische Symbole	Mehrfachauswahl oder Suche nach weiteren Symbolen	Fehlendes Feedback beim Betätigen
		Verunsicherung und Suche nach möglichen Folgeschritten	Farbliche Darstellung oder Veränderung der Farbe nicht erwartungskonform

Abb. 4: Beobachtete Fehlhandlungen und Grundursachen

gen zu beachten. Diese fordern unter anderem, dass Bildzeichen schnell und eindeutig erkennbar sein sollen, unabhängig von Sprache und Kultur erkannt werden können, unverwechselbar gestaltet sind und dass Standards beachtet werden (zum Beispiel grafisches Symbol in Form einer Diskette für Funktion »Speichern«). Für den Bediener ist ein Feedback auf seine Handlung wichtig, um den aktuellen Bearbeitungsfortschritt zu erkennen und weitere Handlungen ableiten zu können (DATech 2006, S. 67ff.). Eine geeignete Farbgestaltung trägt dazu bei, die richtige Handlung bei dem Bediener auszulösen. Symbolbeschriftungen sind verständlich und gut lesbar darzustellen, um ergänzend Hilfestellung zur Identifikation der Bildzeichen zu geben.

Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass die Selbstbeschreibungsfähigkeit eines grafischen Symbols auch verbessert werden kann, wenn es nur in einem bestimmten Kontext angeboten wird (Böhringer et al. 2014, S. 301f.). Mit einer situationsangepassten Entscheidungsunterstützung kann des Weiteren eine schnelle und zuverlässige Aufgabebear-

beitung erreicht werden (Grandt & Ley 2008, S. 79). Abschließend ist zu empfehlen, die grafischen Bedienelemente während des Entwicklungsprozesses der Maschinen entsprechend DIN EN ISO 9241-210:2011 zu testen. ■

Text: Sven Hinrichsen, Daniel Riediger, Benjamin Adrian

Autoren-Kontakt

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
 Fachbereich Produktion und
 Wirtschaft
 Labor für Industrial
 Engineering

Prof. Dr.-Ing. Sven Hinrichsen
 Tel.: +49 5261 702-5319
 E-Mail: sven.hinrichsen@
 hs-owl.de

Daniel Riediger, B.Eng.
 Tel.: +49 5261 702-5095
 E-Mail: daniel.riediger@
 hs-owl.de

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)
 Benjamin Adrian, M.A.
 Tel.: +49 5261 702-5443
 E-Mail: benjamin.adrian@
 hs-owl.de