

Ergonomische Gestaltung von grafischen Bedienelementen an Produktionsmaschinen

Daniel RIEDIGER, Sven HINRICHSEN, Albert SCHLEE

*Labor für Industrial Engineering, Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Liebigstraße 87, D-32657 Lemgo*

Kurzfassung: Der Trend einer zunehmenden technologischen Komplexität von Produktionsmaschinen ist vor allem auf die Integration zusätzlicher Funktionen in Maschinen zurückzuführen. Damit nehmen auch die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Bediensysteme weiter zu. Das Ziel der Studie ist es, die intuitive Bedienbarkeit von fünf modernen Produktionsmaschinen im Hinblick auf die verwendeten grafischen Symbole (Icons) zu untersuchen und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die verwendeten Bildzeichen an den untersuchten Maschinen nur bedingt selbsterklärend und intuitiv gestaltet sind und somit deutliche Defizite für eine einfache und intuitive Bedienung aufweisen. Im Ergebnis werden Hinweise zur Gestaltung von Bildzeichen an Produktionsmaschinen aufgeführt.

Schlüsselwörter: Usability, Produktionsmaschinen, Icons, Gebrauchstauglichkeit, grafische Symbole, Mensch-Maschine-Kompatibilität

1. Ausgangssituation und Problematik

Der Trend einer zunehmenden technologischen Komplexität von Maschinen ist vor allem auf die Integration zusätzlicher Funktionen in 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).

Aufgrund des steigenden Funktionsumfangs von Produktionsmaschinen nehmen auch die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit (Usability) der Bediensysteme weiter zu. Grafische Oberflächen auf Bildschirmen und Symbole sollen den Benutzer bei der Bedienung von Maschinen unterstützen sowie Informationen sprachunabhängig vermitteln (DIN ISO 7000:2008, S. 4). Die symbolische Kennzeichnung von Bedienelementen trägt mit ihrer Funktion deutlich zur Gebrauchstauglichkeit, insbesondere zur intuitiven Bedienbarkeit von Maschinen, bei.

Die internationale Norm DIN ISO 7000:2008 liefert eine Übersicht über mehr als 2.500 Bildzeichen für technische Einrichtungen (DIN ISO 7000:2008). In den untersuchten Produktionsmaschinen dieser Studie wurde nur ein geringerer Anteil von genormten Symbolen festgestellt. Der größere Anteil der Symbole wurde von den Maschinenherstellern gestaltet.

Bildzeichen an Bedienschnittstellen von Produktionsmaschinen haben sich in den letzten zehn Jahren nicht mit der Dynamik weiterentwickelt, wie z.B. bei Smartphones oder im Bereich der IT (Brecher et al. 2011, S. 553). Sie unterliegen zwangsläufig dem Wandel der Zeit (Böhringer et al. 2014, S.301) und können daher

für verschiedene Zielgruppen nicht mehr selbsterklärend sein.

In der Praxis besteht zudem die Herausforderung, dass ungelernte Arbeitskräfte im In- und Ausland zur Bedienung von Produktionsmaschinen eingesetzt werden und dadurch vermehrt Schwierigkeiten mit dem Interpretieren der verwendeten Bildzeichen bestehen. Erschwerend kommt hinzu, dass eine Lesekompetenz bei Arbeitskräften im Ausland nicht immer vorausgesetzt werden kann, so dass eine Anforderung besteht, nur eindeutige und selbsterklärende Bildzeichen zu verwenden.

2. Zielsetzung, Vorgehensweise und Methode

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, die intuitive Bedienbarkeit von Produktionsmaschinen und deren Bediensysteme im Hinblick auf die verwendeten grafischen Symbole (Icons) zu untersuchen und Handlungsempfehlungen abzuleiten, die einerseits zu einer nutzergerechteren Gestaltung von Maschinenbediensystemen (Benutzerschnittstellen) und andererseits zu einer höheren Arbeitsproduktivität führen. Ein anderer wichtiger Aspekt verbesserter Gebrauchstauglichkeit ist der reduzierte Schulungs- und Anlernaufwand sowie die höhere Akzeptanz neuer Maschinen und Technologien seitens der Maschinenbediener.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden Labor- und Felduntersuchungen an fünf modernen Produktionsmaschinen (Lasersinteranlage, CNC Universal-Drehmaschine, Kunststoffspritzgießmaschine, Laserbearbeitungsmaschine, Kantenanleimmaschine) – mit jeweils unterschiedlichem Bedienkonzept – durchgeführt. Die zu verschiedenen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen Probanden durchgeführten Studien gliedern sich in drei Fallstudien (siehe Tabelle 1).

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. Fallstudie 2 beinhaltet Usability-Tests, die in verschiedenen Laboren der Hochschule Ostwestfalen-Lippe vorgenommen wurden. Fallstudie 3 wurde bei einem Hersteller

Tabelle 1: Informationen zu den untersuchten Produktionsmaschinen

Fallstudie	Produktionsmaschine	Baujahr	Bediensystem	Anzahl Probanden
1	Lasersinteranlage EOS FORMIGA P100 und P110	2006/ 2011	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	Kantenanleimmaschine	2013	Tastenbedienung und grafische Anzeige mit Touchscreen	11

von Kantenanleimmaschinen sowie zwei weiteren Produktionsbetrieben der Holzbranche durchgeführt. Die gewählte Vorgehensweise 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 aus Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern der Hochschule Ostwestfalen-Lippe unterschiedlichen Alters ausgewählt. Die Untersuchung diente dazu, die intuitive Bedienbarkeit der Maschine und Maschinensteuerung und die ergonomische Gestaltung der Prozesse zu untersuchen. Die Probanden erhielten eine kurze Einführung und Beschreibung zu der jeweiligen Produktionsmaschine und ihren Bearbeitungsprozessen. Es wurden verschiedene Fragen zu der Person (Alter, Vorbildung, Erfahrung mit Produktionsmaschinen) gestellt. Anschließend sollten verschiedene Aufgaben mit minimaler Unterstützung durch den Versuchsleiter an der Maschine selbstständig gelöst werden. Nach kurzer Erklärung der Aufgabe führten die Probanden die Aufgabe aus und kommentierten diese dabei. Nach Beendigung aller Aufgaben wurde ein Fragebogen – angelehnt an das Ergonomie-Kompendium der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA 2010, S. 59f.) – zur Bedienung der Maschine ausgefüllt, in dem die Bedienung der Maschine bewertet und kommentiert wurde. Alle Arbeitsschritte wurden per Video aufgezeichnet und nach Durchführung aller Tests ausgewertet (Dauer der Arbeitsschritte, Sprachaufzeichnung „Thinking aloud“ etc.). Die Aufgaben an den Produktionsmaschinen umfassten neben 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.

3. Ergebnisse und Anforderungen an die Gestaltung von grafischen Symbolen

3.1 Ergebnisse aus den Usability-Tests

Die Ergebnisse aus den Usability-Tests zeigen, dass die Mensch-Maschine-Kompatibilität an den untersuchten Produktionsmaschinen in Bezug auf die grafischen Symbole verbessert werden kann. So wurden in der Ausführung der Aufgaben häufig sogenannte Fehlhandlungen beobachtet, deren Grundursachen auf nicht geeignete Darstellungen von grafischen Symbolen oder ihren Symbolbeschriftungen zurückzuführen sind. Abbildung 1 stellt die beobachteten Fehlhandlungen, die Arten der Fehlhandlungen sowie die ermittelten Grundursachen dar. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse zu den einzelnen Studien exemplarisch dargestellt.

In der ersten Studie konnten Schwierigkeiten der Probanden beim Laden des Bauauftrages (7 von 11 Probanden) und beim Herunterfahren der Lasersinteranlage (6 von 11 Probanden) beobachtet werden, da beide Symboldarstellungen als nicht verständlich empfunden und bemängelt wurden (Riediger et al. 2014, S.95).

In der zweiten Studie wurde an der CNC Universal-Drehmaschine das Bildzeichen-Nr. 0983 mit dem Titel „Programm mit Maschinen-Funktion“ (vgl. DIN ISO 7000:2008-12, S. 44 f.) von annähernd allen Probanden (9 von 10 Probanden) als nicht selbsterklärend bemängelt, da es nur aufgrund seines Schriftzuges gefunden werden konnte. Des Weiteren benutzten alle Probanden die Taste

“SELECT“ zur Programmauswahl, obwohl diese Taste in diesem Kontext nicht zielführend war und als irreführend empfunden wurde. Beim Unterbrechen der Simulation des NC-Programms wurde das Bildzeichen-Nr. 1027 „Grundstellung“ (Reset) von den meisten Probanden (6 von 10 Probanden) als nicht selbsterklärend empfunden (vgl. DIN ISO 7000:2008-12, S. 46 f.).

Bei der Laserbearbeitungsanlage führten die englischen Bezeichnungen bzw. Kürzel der auswählbaren Betriebsarten „Auto, MDI, Jog, Single Step, Dry Run, Home, Sim“ zur Verwirrung (7 von 10 Probanden), da vor allem die Bezeichnung „Jog“ für die Funktion zum manuellen Verfahren von allen Achsen (engl. jogwheel = elektronisches Handrad) unverständlich war. Hierbei bestand die Aufgabe, die passende Betriebsart zum manuellen Verfahren der Z-Achse und zum Fokussieren des Laserstrahls auf der Werkstückoberfläche auszuwählen.

An der Kantenanleimmaschine konnten 7 von 11 Probanden das Symbol zum Einschalten der Heizung nicht finden, da die verkürzte Bezeichnung „Auftragsei...“ nicht interpretiert werden konnte und die Symboldarstellung nicht selbsterklärend war. Des Weiteren war es für mehrere Probanden nicht ersichtlich, ob die Heizung eingeschaltet ist, da die gelbe Gestaltung des Bildzeichens nicht erwartungskonform war und mit einem Fehler in Verbindung gebracht wurde. Sechs von acht Hauptfunktionssymbolen wurden von den Probanden entweder nicht erkannt oder mit anderen Funktionen in Verbindung gebracht. Beispielsweise wurde das Bildzeichen für „F2-Programm laden“ von allen 11 Probanden nicht gefunden. Des Weiteren war es nahezu identisch gestaltet wie das Funktionssymbol „F11“. Bei den Status- und

Beobachtete (Fehl-) Handlungen	Art der (Fehl-) Handlungen		Grundursachen
grafisches Symbol nicht gefunden	grafische Symbole	Funktion des Symbols nicht interpretiert	Symboldarstellung nicht verständlich
		grafisches Symbol an anderer Stelle vermutet	Nicht erwartungskonforme Anordnung
	Symbolbeschriftung	Symbolbeschriftung nicht lesbar	Unverständliche Abkürzung oder zu kleine Schrift
		Symbolbeschriftung nicht verständlich bzw. nicht erwartungskonform	Ungenauere, nicht zuordenbare Begriffswahl oder unverständliche Sprache
Fehlbedienung	grafische Symbole	grafisches Symbol verwechselt	Ungenügende Differenzierung
			Darstellung im falschen Kontext
zusätzliche und überflüssige Handlungen	grafische 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

Abbildung 1: Unzureichende Mensch-Maschine-Kompatibilität in Bezug auf grafische Symbole

Warnsymbolen in der Hauptübersicht wurde bemängelt, dass nur ein Teil der Symbole angeklickt werden konnten, obwohl sie sich in der Form der Darstellung ähnelten.

Bei der Zuführung des Kantenbandes kamen alle 11 Probanden nicht zum Ziel, da das alleinige Drücken des Symbols keine Rückmeldung des Systems oder eine Handlungsanweisung verursachte. Die vom System vorgesehene Vorgehensweise besteht darin, zuerst das Förderband einzuschalten und anschließend das Bildzeichen „Kantenma...“ auszuwählen. Neben der Erkennung weiterer Bildzeichen hatten alle 11 Probanden Schwierigkeiten ein Programm anzuwählen, da die Auswahl durch ein nachfolgendes Drücken eines weiteren Symbols nicht erwartungskonform erfolgte. – In Studie 3 konnte ein Verbesserungskatalog mit insgesamt 29 Positionen zu Bildzeichen dieser Kantenanleimmaschine entwickelt und dem Hersteller überreicht werden.

Insgesamt konnte im Rahmen der Studie festgestellt werden, dass selbstgestaltete Symboliken während der Entwicklungsphase der Maschinen anscheinend nicht oder nur unzureichend seitens der Maschinenhersteller getestet werden. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass die Verwendung von genormten Symbolen aus der DIN ISO 7000:2008 ebenfalls problematisch sein kann, die die Symboldarstellungen ebenfalls nicht durchgängig als selbstbeschreibungsfähig anzusehen sind.

3.2 Anforderungen an grafische Symbole

Zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Kompatibilität an diesen Produktionsmaschinen ist die Verbesserung der Selbstbeschreibungsfähigkeit und Erwartungskonformität der grafischen Symbole zu empfehlen. Bei der Gestaltung sollte darauf geachtet werden, dass Bildzeichen schnell und eindeutig erkennbar sind, unabhängig von Sprache und Kultur erkannt werden können, unverwechselbar gestaltet sind und Standards beachtet werden (z. B. grafisches Symbol in Form einer Diskette für Funktion „Speichern“). Hierbei 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 der Kontextunterscheidung kann des Weiteren eine situationsangepasste Entscheidungsunterstützung angestrebt werden, um eine schnelle und zuverlässige Aufgabenbearbeitung zu gewährleisten (Grandt & Ley 2008, S. 79).

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.). Die Farbgestaltung ist in Bezug auf Warnungen oder Hinweise wichtig, um die richtige Handlung bei dem Bediener auszulösen. Ergänzend zu grafischen Symbolen sollte darauf geachtet werden, dass Symbolbeschriftungen immer verständlich und gut lesbar dargestellt werden.

Bei der Entwicklung von grafischen Symbolen ist die Vorgehensweise nach DIN EN ISO 9241-210:2011 zu empfehlen, die eine fortlaufende Evaluation mit Benutzern im Entwicklungsprozess vorsieht.

4. Kritische Würdigung

Die Ergebnisse zeigen, dass deutliche Schwachstellen in der Selbstbeschrei-

bungsfähigkeit von einzelnen Bildzeichen existieren und Verbesserungspotential für eine intuitive Bedienung der Produktionsmaschinen besteht. Die in Abbildung 1 dargestellten Fehlhandlungen können die Bedienung erheblich verzögern, zu Fehlbedienungen führen und Unsicherheiten beim Bediener verursachen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Verbesserung der Selbstbeschreibungsfähigkeit von grafischen Symbole deutlich dazu beitragen kann, die Gebrauchstauglichkeit der Produktionsmaschinen zu verbessern, den Schulungs- und Anlernaufwand zu reduzieren sowie die Akzeptanz dieser Maschinen und Technologien zu erhöhen. Seitens der Untersuchungsmethodik ist zu bemängeln, dass die Probanden nur einem Kulturkreis entstammen und über ein höheres Ausbildungsniveau verfügen. Die untersuchten Produktionsmaschinen werden aber teilweise in Schwellenländern von Personen bedient, die über ein sehr geringes Ausbildungsniveau verfügen. Zudem wurde nur eine Auswahl der Bildzeichen an den Produktionsmaschinen untersucht, so dass weiteres Verbesserungspotenzial an diesen Maschinen vermutet werden kann.

Es ist zu empfehlen, weitere Untersuchungen mit anderen Personenkreisen und zusätzlichen Symbolen durchzuführen. Weitere Erkenntnisse könnten dazu führen, dass kein allgemeingültiges Bildzeichen für eine bestimmte Funktion geschaffen werden kann, sondern in verschiedenen Kulturkreisen unterschiedliche Symboliken angeboten werden müssen (vgl. Stapelkamp 2013, S. 167).

5. Literatur

- BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010) Ergonomiekompodium – Anwendung ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Böhringer J, Bühler P, Schlaich P, Sinner D (2014) Kompodium 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. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 07-08:553-556.
- 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, Deutsches Institut für Normung e.V. (2008) Graphische Symbole auf Einrichtungen - Index und Übersicht. DIN ISO 7000:2008.
- DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. (2011) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. DIN EN ISO 9241-210.
- 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.
- Krauß L (2003) Entwicklung und Evaluation einer Methodik zur Untersuchung von Interaktionsgeräten für Maschinen- und Prozessbediensysteme mit grafischen Benutzungsoberflächen. Kaiserslautern: Verlag Universität Kaiserslautern.
- Levchuk I, Schäfer A, Lang K-H, Gebhardt Hj, Klussmann A: Needs of ergonomic design at control units in production industries. In: Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, Volume 41 2012, Supplement 1. Amsterdam: IOS Press, 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.
- Stapelkamp T (2013) Informationsvisualisierung: Web - Print - Signaletik ; erfolgreiches Informationsdesign: Leitsysteme, Wissensvermittlung und Informationsarchitektur. Berlin Heidelberg: Springer.