

Analyse der Realisierung von Anforderungen des Arbeitsschutzes bei mobilen Interaktionskonzepten für Werkzeugmaschinen

Julia N. CZERNIAK¹, Tobias HELBIG¹, Stefan GROSSMANN², Michael TILLMANN³,
Christopher BRANDL¹, Alexander MERTENS¹, Christopher M. SCHLICK¹

*¹ Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

*² Index-Werke GmbH & Co. KG,
Plochinger Str. 92, D-73730 Esslingen am Neckar*

*³ Fecken-Kirfel GmbH & Co. KG,
Prager Ring 1-15, D-52070 Aachen*

Kurzfassung: Moderne Werkzeugmaschinen unterliegen der Herausforderung einer steigenden Komplexität der Funktionalität. Dessen ungeachtet wurden zugehörige Bedienkonzepte bisher kaum weiterentwickelt, woraus hohe Anforderungen an den Maschinenbenutzer resultieren. Um diesen besser zu unterstützen, können mobile Interaktionskonzepte verwendet werden. Im Rahmen eines Experten-Workshops wurde diesbezüglich die Vereinbarkeit der Anforderungen des Arbeitsschutzes mit mobilen Interaktionskonzepten für Werkzeugmaschinen diskutiert und Lösungsansätze formuliert. Es wird deutlich, dass sich mobile Bedienkonzepte oftmals mit den aktuellen Arbeitsschutzanforderungen vereinbaren lassen und es nur für einzelne Szenarien neuer Sicherheitskonzepte seitens der Hersteller bedarf.

Schlüsselwörter: Arbeitsschutz, mobile Interaktionskonzepte, Mensch-Maschine-Interaktion, Werkzeugmaschinen, Industrie 4.0

1. Einleitung

Moderne Werkzeugmaschinen haben sich in Anbetracht technischer Weiterentwicklungen von einfachen Werkzeugen zu verhältnismäßig komplexen automatisierten Systemen mit vielfältigen Funktionen weiterentwickelt. Zugehörige Steuerungskonzepte wurden hingegen kaum daran angepasst, was zu hohen Belastungen und Anforderungen für den Maschinenbenutzer führt. Für die Mensch-Maschine-Interaktion dient bisweilen eine zentrale Bedieneinheit an der Maschine, deren alleinige Anwendung, neben den genannten Aspekten, im Zuge der modernen Produktionslandschaft auch durch die Ortsgebundenheit überholt erscheint. Der Maschinenbenutzer hat bereits heute eine Vielzahl unterschiedlicher Nebenaufgaben, die räumliche Mobilität erfordern und mit technischen Möglichkeiten besser unterstützt werden könnten, um ihn im laufenden Betrieb zu entlasten. Die Anwendung mobiler Technologien des Consumer Marktes, wie mobile Handhelds, Smartwatches oder Datenbrillen sowie deren innovativer Interaktionskonzepte birgt verwertbare Potenziale für Steuerungskonzepte, obwohl diese fernab der Produktionsbranche entwickelt wurden. Die Vereinbarkeit der Anwendung im Werkzeugmaschinenbetrieb nach nationalen Arbeitsschutzanforderungen ist dabei sicherzustellen.

Gegenstand dieses Beitrags ist ein durchgeführter Experten-Workshop mit Vertretern aus der Arbeitswissenschaft, Maschinen- und Steuerungsherstellung sowie Arbeitsschutzexperten und gesetzlichen Vertretern. Der Workshop adressierte diese Problematik anhand von konkreten Anwendungsfällen. Ferner wurden Herausforderungen für die ergonomische Gestaltung und Potentiale von mobilen Interaktionskonzepten bei modernen Werkzeugmaschinen aus Arbeitsschutzsicht herausgearbeitet.

2. Grundlagen des Arbeitsschutzes und der Produktsicherheit

Der Arbeitsschutz bezieht sich auf die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitspersonen und betrifft die Vermeidung von Unfällen oder arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren einschließlich der ergonomischen Gestaltung der Arbeitsumgebung (Schlick et. al 2010). Das deutsche Arbeitsschutzrecht wird im Wesentlichen durch die Verträge und Verordnungen der Europäischen Union bestimmt. Die EU differenziert den Arbeitsschutz in die Bereiche Mindestanforderungen an Arbeitsbedingungen und Pflichten zur Gestaltung der Arbeit an den Arbeitgeber sowie verbindliche und einheitliche Produkthanforderungen zum Schutz der Benutzer der Produkte (Neudörfer 2011). Die EU-Verordnungen beruhen auf der Rechtsgrundlage der Artikel 153 (ehemals Artikel 137) für die Arbeitsumwelt und 114 (ehemals Artikel 95) für Produkte des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV). Die Konkretisierung der Rechtsgrundlagen findet sich in Regelwerken, wie Richtlinien und Normen wieder (Neudörfer 2011). Wesentliche Richtlinien im Kontext von Werkzeugmaschinen sind die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG zur Konstruktion sicherheitsgerechter Produkte sowie die Arbeitsschutzrahmenrichtlinie 89/391/EWG zur Gestaltung der Arbeit für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitspersonen.

Die Arbeitsschutzrahmenrichtlinie, setzt Mindestvorschriften entsprechender EU-Richtlinien um und stellt den gültigen Handlungsrahmen für den Arbeitsschutz dar (Schlick et. al 2010). Diese wendet sich an Arbeitgeber und -nehmer und wird durch das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) in Kombination mit weiteren Einzelvorschriften in nationales Recht überführt (Thüsing 2014).

Die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, die sich ausschließlich an Konstrukteure bzw. Hersteller von Maschinen wendet (Schlick et. al 2010), wird national durch das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) umgesetzt. Im Unterschied zur Arbeitsschutzrahmenrichtlinie, die lediglich Mindeststandards zur Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten für die EU-Mitgliedstaaten definiert, setzt das Produktsicherheitsgesetz die Maschinenrichtlinie unverändert in nationales Recht um (Neudörfer 2011). Auf dieser Grundlage formuliert z.B. die DIN EN ISO 12100 (2010) allgemeine Gestaltungsleitsätze für den Hersteller zur Risikobeurteilung und Risikominderungen für die Sicherheit von Maschinen. Dieser ist jedoch trotz der Anwendung von Normen verpflichtet, Gefährdungsbeurteilungen für neu in Verkehr gebrachte Maschinen durchzuführen. Bei der Verwendung harmonisierter Normen kann der Hersteller dagegen davon ausgehen, dass notwendige Gefährdungs- und Risikobeurteilungen bereits erfolgt sind. D.h. die Sicherheitsanforderungen einer harmonisierten Norm entsprechen den Vorschriften der Maschinenrichtlinie zum Veröffentlichungszeitpunkt der Norm und es gilt die Konformitätsvermutung. Dies befreit den Hersteller jedoch nicht per se von der Pflicht, die sicherheitsgerechte Gestaltung der Maschine zu gewährleisten (Neudörfer 2011).

Neben der Anwendung von Normen existiert die Möglichkeit der eigenständigen sicherheitsgerechten Gestaltung nach dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG 2010) für in Verkehr gebrachte Maschinen ohne Anwendung harmonisierter Normen zur Produktentwicklung. Die Beweislast der Konformität liegt in diesem Fall beim Hersteller, welcher nachweisen muss, dass sein Produkt den geltenden Sicherheitsanforderungen entspricht (Neudörfer 2011).

3. Vereinbarkeit von mobilen Interaktionskonzepten mit dem Arbeitsschutz

Bestandteil des Workshops war die Fragestellung der Vereinbarkeit von mobilen Interaktionskonzepten als Erweiterung eines stationären HMI an Werkzeugmaschinen mit den Anforderungen des Arbeitsschutzes an sichere Maschinensteuerungen. Zur Klärung der Vereinbarkeit werden zunächst die relevanten Szenarien beschrieben, bevor auf die Anforderungen des Arbeitsschutzes eingegangen und anschließend deren Umsetzbarkeit diskutiert wird.

3.1 Szenarien

Abbildung 1 zeigt einen Mehrspindeldrehautomat und eine Schneidmaschine. Beide Maschinentypen verfügen über eine stationäre Bedieneinheit. Der Maschinenbenutzer kann über diese ortsgebundene Schnittstelle sowohl alle nötigen Maschinendaten einsehen und eingeben, als auch die Maschine steuern. Für beide Maschinentypen werden im folgenden konkrete Szenarien betrachtet.



Abbildung 1: Links: Mehrspindeldrehautomat (Quelle: Index 2014); rechts: Schneidmaschine (Quelle: Fecken-Kirfel 2014)

In Kontext des Workshops wurde die Gesamtheit der möglichen Anwendungsszenarien zunächst auf die wesentlichen Szenarien zusammengefasst. Diese dienen als Grundlage für die weitere Betrachtung. In der weiteren Ausführung werden davon ausgehend folgende Szenarien zu Grunde gelegt: (1) Fernüberwachung von Maschinen mit mobilen Geräten, (2) Maschine rüsten mit mobilen Geräten und (3) Achssteuerung mit mobilen Geräten.

Das Szenario 1 der Fernüberwachung beschreibt die Überwachungstätigkeit mehrerer Maschinenbenutzer für beliebig viele Maschinen, die in der Praxis bisher mittels Signalleuchten an der Maschine realisiert wird. Hierbei handelt es sich also um die reine Informationsausgabe auf den mobilen Geräten als Erweiterung des

etablierten stationären HMI. Gerade hinsichtlich der Zukunftsvision Industrie 4.0 ist ein solches Szenario denkbar.

Beim Rüsten der Maschine unter Zuhilfenahme eines mobilen Gerätes (Szenario 2), beispielsweise durch die Anzeige von digitalen Maschinendaten, wie den Werten einer Messuhr oder der Nutzung von Augmented Reality als Workflowunterstützung, hält sich der Maschinenbenutzer unter Umständen unmittelbar im Arbeitsraum der gestoppten Maschine auf.

Das abschließend skizzierte Szenario 3 der Achssteuerung mit mobilen Geräten lässt sich wie folgt beschreiben. Die Werkzeugmaschine wird mittels eines mobilen Eingabegerätes angeschaltet und gesteuert, d.h. Achsen werden bei vollständiger Geschwindigkeit verfahren.

3.2 Anforderungen des Arbeitsschutzes

Nach Anhang I der aktuellen Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) sind Maschinenhersteller verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und nach DIN EN ISO 12100 (2010) entsprechende Maßnahmen zur Risikominderung zu treffen. Die Umsetzung der Anforderungen des Arbeitsschutzes ist für die identifizierten Gefährdungen bei der mobilen Interaktion mit Werkzeugmaschinen im Rahmen der vorgestellten Szenarien sicherzustellen. Darunter wurde nach Expertenmeinung die Umsetzung der folgenden Anforderungen für mobile Interaktionskonzepte als besonders relevant erachtet:

- Anbringung eines Not-Halt-Schalters nach EN ISO 13849, DIN EN 60947-5
- Unterbindung eines unbeabsichtigten Starten einer Bewegung der Maschine,
- Automatischer Maschinenstopp bei Funkverbindungsverlust,
- Möglichkeit des Einsehens in den Arbeitsraum beim An- und Ausschalten und
- Vermeidung von Fehlbedienungen.

3.3 Umsetzung der Anforderungen des Arbeitsschutzes

Beim ersten Szenario (Fernüberwachung) werden die mobilen Interaktionskonzepte ausschließlich als Ausgabegeräte für den Maschinenbenutzer eingesetzt, der hier folglich keine Start- oder Steuerungsbefehle ausführt. Da in diesem Fall keine Bewegungen der Maschine ausgelöst werden, wurde die Fernüberwachung mit mobilen Interaktionskonzepten für beide Maschinentypen nach Expertenmeinung als per se vereinbar mit aktuellen Sicherheitsanforderungen angesehen.

Im zweiten Szenario (Rüsten der Maschine) begibt sich der Maschinenbenutzer unmittelbar in den potenziellen Gefahrenbereich. Hier besteht im Normalbetrieb grundsätzlich eine Verletzungsgefahr durch diverse Gefährdungen, wie z.B. scharfkantige bzw. rotierende Werkzeuge und Werkstücke oder Einzug. Für dieses Szenario muss folglich sichergestellt werden, dass die Maschine nicht während des Rüstens unbeabsichtigt gestartet werden kann. Bereits heute existiert für diese Arbeiten in der Industrie jedoch eine technische Sicherheitslösung. Bei den Drehautomaten schaltet sich bei offener Tür ein Sicherheitsbetriebsmodus ein, bei dem sich Achsen nur mit sicherreduzierter Geschwindigkeit verfahren lassen (nach DIN EN ISO 23125). In naher Zukunft sollen die Schneidmaschinen in der Praxis zudem über einen Zustimmtaster verfügen, welcher zwingend betätigt werden muss, bevor die Schneidmaschine in Betrieb genommen werden kann. Für beide Szenarien ist die Umsetzung mobiler Interaktionskonzepte, nach Meinung der beteiligten

Gesprächspartner, folglich bereits mit bestehenden Sicherheitskonzepten unproblematisch, sofern geltende normative Vorschriften hinreichend genau umgesetzt werden.

Für das dritte Szenario (Achssteuering) entfällt im Allgemeinen bei mobilen, im Gegensatz zu stationären Steuerungen die Ortsbindung. Dadurch kann die Gefahr eines Auslösens des Werkzeugs durch den Maschinenbenutzer, während er selbst oder ein Mitarbeiter sich im Gefahrenbereich befindet, begünstigt werden. Zur detaillierteren Erläuterung wird an dieser Stelle zunächst eine Fallunterscheidung vorgenommen, zwischen dem Vorhandensein und Nichtvorhandensein einer inhärent sicheren Konstruktion (DIN EN ISO 12100, 2010), die hier vereinfachend als das Vorhandensein einer geschlossenen bzw. offenen Sicherheitsabgrenzung der Schneidmaschine oder Tür der Drehmaschine dargestellt wird. Denn ein wahrscheinliches Verletzungsrisiko für den Maschinenbenutzer liegt nach Meinung der Experten dann vor, wenn der Maschinenbediener beim Start oder im Normalbetrieb unmittelbaren Zugang zum Werkzeug oder zu bewegten Maschinenteilen hat. Aus diesem Grund wurde der Anwendungsfall einer offenen Maschine im durchgeführten Experten-Workshop, als kritisch bewertet und wird im Folgenden hinsichtlich der Anwendbarkeit auf die genannten Anforderungen des Arbeitsschutzes erörtert.

Nach den geltenden Vorschriften ist die Anbringung eines physischen Not-Aus-Schalters an der Steuerung zwingend erforderlich, da softwarebasierte Lösungen generell einem höheren Ausfallrisiko unterliegen bzw. nicht als sicher eingestuft werden dürfen. Die Umsetzung dieser Vorschrift bereitet jedoch bei der Nutzung mobiler Geräte Schwierigkeiten, da sich auf diesen allein durch die geringen Abmaße kein zusätzlicher physischer Schalter montieren lässt. Ein möglicher Lösungsansatz, der diskutiert wurde, liegt in der Anbindung mehrerer physischer Not-Halt-Schalter im Abstand von wenigen Metern im Gefahrenbereich an der Maschine, der ein Erreichen aus jeder Position sicherstellt. Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, wurde dieser Lösungsansatz bei den Drehmaschinen bereits für das schwenkbare Bedienpanel umgesetzt. Weiterhin ist eine Ortsbindung der Steuerung eine mögliche Gestaltungslösung, die ein Verfahren der Achsen ausschließlich außerhalb des Gefahrenbereichs sicherstellt. Außerdem ist nach Expertenmeinung ein Zustimmungstaster für dieses Szenario denkbar, der die willentliche Inbetriebnahme der Maschine durch den jeweiligen Benutzer voraussetzt wodurch sich ein unbeabsichtigtes Auslösen der Maschine vermeiden lässt. Ferner basiert die mobile Steuerung auf einer Funkverbindung, die schlimmstenfalls unterbrochen werden kann, mit der Folge eines Kontrollverlusts des Maschinenbenutzers. Daher ist es für diesen Fall erforderlich, die Auslegung der Steuerung nach den aktuellen Sicherheitsanforderungen so zu gestalten, dass die Maschine automatisch stoppt, sobald sie keine Rückmeldung mehr von der mobilen Steuerung erhält. Zusätzlich erfordert Szenario 3 nach Arbeitsschutzanforderungen beim An- und Ausschalten der Maschine das Einsehen in den Arbeitsraum. Als Lösungsansatz für diese Arbeitsschutzanforderung ergab die Diskussion eine ortsgebundene Start-/Stoppfunktion, die zum Auslösen der Startfunktion den Aufenthalt des Maschinenbenutzers im Sichtbereich der Maschine erfordert.

Darüber hinaus muss durch das mobile Interaktionskonzept in jedem Fall die Garantie des Ausschlusses einer Fehlbedienung, wie beispielsweise zufällig ausgeführte Steuerungsbefehle durch das Tragen des mobilen Gerätes am Körper oder uneindeutige Gesten gegeben sein. Gestaltungslösungen sind hierfür noch entsprechend der geltenden Sicherheitsvorgaben auszuarbeiten.

4. Fazit

In diesem Beitrag konnte gezeigt werden, dass mobile Interaktionskonzepte für Werkzeugmaschinen mit den Anforderungen des Arbeitsschutzes vereinbar sein und mit bereits bestehenden Sicherheitskonzepten gelöst werden können. Anhand der vorgestellten Szenarien wurde deutlich, dass die Anforderungen aus dem Arbeitsschutz mit diesen und voraussichtlich auch weiteren Szenarien umgesetzt werden können. Nach den im Beitrag diskutierten Szenarien, sind Hersteller aktuell lediglich bei der Ausführung von Steuerungsbefehlen, wenn keine inhärent sichere Konstruktion gegeben ist, gefordert, neue Sicherheitskonzepte zu liefern und erneut Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen.

Für die weiterführende Forschung ist es daher von besonderem Interesse, weitere Szenarien für mobile Interaktionskonzepte an Werkzeugmaschinen hinsichtlich neuer Gefährdungen und entstehender ergonomischer Belastungen in Langzeitstudien zu untersuchen und gegebenenfalls entsprechende Sicherheitskonzepte auszuarbeiten.

5. Literatur

- Arbeitsschutzrahmenrichtlinie (2008) Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit.
- ArbSchG (1996) Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit.
- Neudörfer A (2011) Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte – Methoden und systematische Lösungssammlungen zur EG-Maschinenrichtlinie. Berlin Heidelberg: Springer, 14-28.
- CEN, European Committee for Standardization (2010) Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsgrundsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung (DIN EN ISO 12100:2010): 9, 30-55.
- CEN, European Committee for Standardization (2008) Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1/2. (DIN EN ISO 13849-1/2:2008)
- CEN, European Committee for Standardization (2015) Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Drehmaschinen. (DIN EN ISO 23125:2015)
- CEN, European Committee for Standardization (2010) – Niederspannschaltgeräte, Teil 5. (DIN EN 60947—:2010, VDE 0660-200)
- EU, Europäische Union (2009) – Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV), Artikel 114, 153.
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (2006) Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung), Anhang I: 29-63.
- ProdSG (2011) Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2010) Arbeitswissenschaft, Berlin: Springer, 713-753.
- Thüsing G (2014) Ergonomie im Spannungsfeld von Arbeits- Daten- und Diskriminierungsschutz – Analyse arbeitsrechtlicher Voraussetzungen zur Erfassung individual- oder gruppenbezogener Daten als Grundlage für angepasste Arbeitsplatzgestaltung in Unternehmen am Beispiel von Körpermaßen. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): 10-16.

Danksagung: Das diesem Beitrag zugrundeliegende Forschungsvorhaben "MaxiMMI – Multimodale, aufgabenorientierte Bediensysteme zur flexiblen und nutzerzentrierten Mensch-Maschine-Interaktion an Produktionsmaschinen" wurde mit Mitteln des BMBF (FKZ: 16SV6237) gefördert. Projektträger ist der VDI/VDE-IT.