

## Schutzeinrichtungen mit 3D-Schutzräumen an Maschinen: Überprüfung der Unterkriechbarkeit

Birgit NABER, Michael HAUKE, Peter NICKEL, Markus KOPPENBORG, Michael HUELKE

*Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Alte Heerstrasse 111, D-53757 Sankt Augustin*

**Kurzfassung:** Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) sichern Gefahrstellen an Maschinen ab. Moderne kamerabasierte BWS können dreidimensionale Schutzräume überwachen. Eine Studie untersucht, ob der normativ für BWS mit zweidimensionalem Schutzfeld geregelte Mindestabstand zu festen Begrenzungen für dreidimensionale Schutzräume angehoben werden kann, da das Unterkriechen eines Schutzraumes schwieriger erscheint. Hierzu wurden von 43 Probanden Schutzräume in variierten Höhen und Längen unterkrochen. Das Ergebnis zeigt, dass der minimale Abstand vom Schutzraum zum Boden von 30 cm nicht angehoben werden kann, da die meisten Probanden einen Schutzraum mit diesem Abstand zum Boden unterkriechen konnten.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsschutz, Mensch-Maschine Schnittstelle, Berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (BWS), 3D-Schutzräume

### 1. Einleitung

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) werden eingesetzt, um Gefahrstellen an Maschinen abzusichern. Im Vergleich zu mechanischen Schutzeinrichtungen sind BWS insbesondere an Maschinen vorteilhaft, bei denen häufig in Gefahrenstellen eingegriffen werden muss. Ist die Schutzeinrichtung ergonomisch in den Arbeitsprozess eingebunden, lässt sich sowohl eine gute Akzeptanz beim Bedienpersonal erreichen, als auch die Produktivität steigern (Grigulewitsch & Bömer 2008). Die DIN EN ISO 13855 regelt die Anordnung von Schutzeinrichtungen, ist aber bisher weitgehend auf BWS mit ein- oder zweidimensionalem Schutzfeld (Lichtschanke, Lichtgitter, Laserscanner usw.) ausgerichtet. Mit 3D-Kamerasystemen als BWS lassen sich komplexe Schutzräume in dreidimensionaler Geometrie einrichten, die in Größe und Form den Konturen von Gefahrenquellen anpassbar und somit flexibel wählbar sind (Hoyer et al. 2012). Einerseits müssen, um prinzipbedingte Messfehler zu vermeiden, die Schutzräume einen Mindestabstand zu festen Begrenzungen wie Boden, Wänden oder Zäunen einhalten. Andererseits sollte der Mindestabstand so klein gewählt werden, dass kein unbemerktes Unterkriechen zwischen Schutzraumgrenze und fester Begrenzung möglich ist, da ein Eintreten in die Gefahrenzone zu jeder Zeit vermieden werden sollte. Die maximale Distanz zwischen Boden und Schutzraum, die den kriechenden Zugang zur Gefahrenstelle verhindern soll, liegt für zwei-dimensionale BWS bei 300 mm (DIN EN ISO 13855).

Im Auftrag der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) untersucht, ob für BWS mit dreidimensionalem Schutzraum die Distanz zwischen Boden und Schutzraum angehoben werden kann, da das unbemerkte Unterkriechen eines ausgedehnten Volumens schwieriger erscheint, als das Unterkriechen eines Lichtstrahls. Überdies sollte auch untersucht werden, welche Bewegungsgeschwindigkeiten dabei angenommen werden können. Denn Personen, die sich in einer Zone eingeschränkter Detektierbarkeit (am Rand der Schutzraumgrenze) befinden, werden mit höherer Wahrscheinlichkeit detektiert, je länger sie sich dort aufhalten.

### 2. Methode

Die Unterkriechbarkeit von Schutzräumen wurde in einer Untersuchung mit 43 Probanden im Alter von 14 - 17 Jahren an einer Schule durchgeführt. Diese Altersklasse wurde gewählt, da zur Bestimmung des Eindringabstands anthropometrische Daten von mindestens 14 Jäh-

rigen verwendet werden sollten (DIN EN ISO 13855).

Die Schüler aus zwei Schulklassen bekamen die Aufgabe, Schutzräume mit fünf unterschiedlichen Distanzen zum Boden und zwei verschiedenen Schutzraumlängen möglichst ohne Schutzraumverletzung zu unterkriechen. Überdies sollten sie die Aufgabe des Unterkriechens so zügig wie möglich vollziehen. Untersucht wurden die Schutzraumlängen von 200 mm als minimale sinnvolle Schutzraumlänge für 3D-BWS und von 2000 mm Schutzraumlänge, die sich an der Körperlänge des Menschen orientiert. Bei längeren Schutzräumen wiederholt sich der Bewegungsablauf beim Unterkriechen, so dass keine grundsätzlich anderen Ergebnisse erwartet werden. Die Distanzen vom Boden zum Schutzraum variieren zwischen 4000 mm, 3500 mm, 3000 mm, 2500 mm und 2000 mm. Die Probanden starten mit der größten Distanz zum Schutzraum (4000 mm) und dem langen Schutzraum, danach folgt die nächste kleinere Distanz zum Schutzraum zunächst mit dem kurzen Schutzraum und darauffolgend mit dem langen Schutzraum, so dass die Probanden die Möglichkeit haben, in den anfänglichen einfachen Durchgängen Lernerfahrung zu sammeln.



**Abbildung 1:** Versuchsaufbau in der Schule (Foto: © IFA).

Es wurden drei parallele Kriechbahnen aufgebaut mit den Vorteilen einer Messzeitverkürzung und einer zusätzlichen Motivation der Probanden durch eine Wettbewerbssituation. Für die erforderliche Ebenenüberwachung dieser drei Bahnen wurde ein Laserscanner (Sick AG, Waldkirch, Typ LMS500-20000) auf einem in der Höhe verfahrbaren Stativ montiert, so dass eine automatische Flächenüberwachung mit einer Ebenentreue von +/- 15 mm gewährleistet wurde. Mit Hilfe von höhenverstellbaren Referenzkonturen konnte die Ebenentreue jederzeit optisch überprüft werden. Dieses Messverfahren ermöglichte außerdem ein automatisches Umschalten der Schutzraumlänge, eine präzise Höhenverstellung durch eine elektrisch verfahrbare Säule und natürlich das Protokollieren von Schutzfeldverletzungen. Schutzfeldverletzungen während der Messung wurden individuell für jede der Bahnen optisch durch eine rote Rundumleuchte und akustisch mit Hilfe eines Summers signalisiert. Verschwand die Schutzfeldverletzung während der Messung, so erlosch auch die Signalisierung.

Zusätzlich wurde im Rahmen der Untersuchung die Körperhöhe mit Hilfe eines Anthropometers und der Taillenumfang mit Hilfe eines Messbands nach DIN EN 33402-1 gemessen und ein Fragebogen zur Sportlichkeit ausgefüllt.

### 3. Ergebnisse

Die Auswirkungen der Distanz zwischen Boden und Schutzraum und der Schutzraumlänge auf die Gesamtdauer der Schutzfeldverletzung wurden in einem 3 x 2 faktoriellen, varianzanalytischen Design mit Körperhöhe, Taillenumfang und Sportlichkeit als Kovariaten analysiert. Es zeigt sich deskriptiv, dass bis hinunter zu einer Schutzfeldhöhe  $H = 250$  mm mehr als ein Drittel der Probanden keine Schutzfeldverletzungen provoziert. Die übrigen Probanden verletzen den Schutzraum unterschiedlich lang. Bei  $H = 200$  mm schaffte es noch ein Einziger der 43 Probanden, das Schutzfeld unbemerkt zu unterkriechen. In der Kovarianzanalyse mit Messwiederholung zeigte sich, dass die Probanden mit einem größeren Taillenumfang mit niedrigerer Distanz des Schutzfeldes zum Boden und weiterer Schutzfeldlänge das Schutzfeld länger verletzt haben.

### 4. Schlussfolgerung

Fast alle Probanden waren in der Lage, die in DIN EN ISO 13855 angegebene Höhe des Schutzfeldes von 300 mm für zweidimensionale BWS zu unterkriechen. Auch eine Distanz von 250 mm zwischen Schutzraum und Boden stellte für die Mehrzahl der Probanden kein signifikantes Hindernis dar. Die Untersuchung machte zwar deutlich, dass es tatsächlich schwieriger ist, einen langen Schutzraum ohne Schutzraumverletzung zu unterkriechen, allerdings kann die These, dass die Schutzfeldhöhe bei einer 3D-BWS angehoben werden kann, trotzdem verworfen werden.

Die hier vorgestellten Ergebnisse werden im Informationsblatt "Anordnung von berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen mit dreidimensionalem Schutzraum (z.B. Kamerasysteme)" des DGUV-Fachbereichs "Holz und Metall" für die Unterstützung der betrieblichen Praxis berücksichtigt. Des Weiteren kann, anhand der hier dargestellten Ergebnisse, die in der DIN EN ISO 13855 angegebene Höhe für Lichtschranken, Laserscanner und Lichtgitter zur Diskussion gestellt werden.

### 5. Literatur

- DIN, Deutsches Institut für Normung (2010) Sicherheit von Maschinen – Integrierte Fertigungssysteme – Grundlegende Anforderungen. EN ISO 11161:2007 + A1:2010. Berlin: Beuth.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (2010) Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen. EN ISO 13855. Berlin: Beuth.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (2008) Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 1: Begriffe, Messverfahren. DIN 33402-1. Berlin: Beuth.
- Fachbereich Holz und Metall der DGUV (2014) Anordnung von berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen mit dreidimensionalem Schutzraum (z. B. Kamerasysteme). (Fachbereichs- Informationsblatt). Mainz: FB HM.
- Grigulewitsch W, Bömer T (2008) Geprüfte berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen zur Absicherung von Gefahrstellen und Gefahrenbereichen. In: BGIA – Handbuch Lfg. 2/08. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Hoyer G, Hauke M, Lungfiel A, Nickel P, Huelke M, Bömer T (2012) Einfluss der Auslegung dreidimensionaler Schutzfelder in einer virtuellen Fertigungszelle auf menschliche Informationsverarbeitung, Leistung und Beanspruchung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme – Wege zur gesunden, effizienten und sicheren Arbeit. Dortmund: GfA Press, 643-646.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft**

60. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU und Hochschule  
München  
12.-14. März 2014

Bericht zum 60. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 12.-14.3.2014  
an der Technischen Universität und an der Hochschule München,  
herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2014  
ISBN 978-3-936804-17-1

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript gedruckt. Diese Schrift ist nur bei der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund, erhältlich.  
E-Mail: [gfa@ifado.de](mailto:gfa@ifado.de), Internet: [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de).

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Druck: City DRUCK, Heidelberg

Printed in Germany



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Jahresdokumentation 2014

# **Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft**

Bericht  
zum 60. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft  
vom 12.-14. März 2014