

## Wirksamkeit einer ergänzenden Schutzmaßnahme in virtueller Realität zur Unfallprävention bei Hubarbeitsbühnen

Peter NICKEL<sup>1</sup>, Andy LUNGFIEL<sup>1</sup>, Thomas BÖMER<sup>1</sup>,  
Markus KOPPENBORG<sup>1</sup>, Rolf-Jürgen TRABOLD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Fachbereich Unfallverhütung und Produktsicherheit,  
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*  
<sup>2</sup> *Sachgebiet „Fördern, Lagern, Logistik im Warenumschatz“  
im DGUV-Fachbereich „Handel und Logistik“,  
BG Handel und Warendistribution (BGHW), D-68145 Mannheim*

**Kurzfassung:** Für eine effektive Präventionsarbeit wäre es hilfreich, bereits im frühen Entwicklungsstadium von Schutzmaßnahmen eine Vorhersage über ihre Wirksamkeit zur Unfallverhütung ableiten zu können, so z. B. für eine Not-Stopp-Funktion beim Führen von Hubarbeitsbühnen. In gemischter Realität waren dazu Aufgabenszenarien mit Abschnitten potentieller Gefahrensituationen zu bearbeiten, und es wurde die Nutzung einer solchen Stopp-Funktion analysiert. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Funktion relativ häufig unabsichtlich ausgelöst wurde. Aus einer Diskussion über mögliche Ursachen ergaben sich Überlegungen, die bei der Auslegung der Not-Stopp-Funktion berücksichtigt werden sollten.

**Schlüsselwörter:** Unfallprävention, Hubarbeitsbühne, prospektive Ergonomie, virtuelle Realität, Arbeitsschutz, Simulation

### 1. Einleitung

Bisherige Anstrengungen zur Prävention von Unfällen beim Führen von Hubarbeitsbühnen (HAB) haben dazu beigetragen, dass trotz vermehrtem Einsatz kein relevanter Anstieg von Unfallzahlen mit HAB zu verzeichnen ist. Personale, organisationale und technische Maßnahmen zur Prävention (BGI 720:2013, Stocker et al. 2011) erscheinen dann als geeignet, wenn durch sie Unfälle verhütet werden können. Allerdings wäre eine möglichst frühzeitige Vorhersage über Wirksamkeit und Akzeptanz solcher Maßnahmen wünschenswert. Damit ließen sich Auswahl und Umsetzung von Maßnahmen nicht nur gezielt steuern, sondern auch potentielle Unfälle im Vorfeld vermeiden. Mithilfe von Simulationsstudien müsste es möglich sein, Maßnahmen nicht nur in ihrer zukünftigen Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und des Funktionsumfangs, sondern auch in ihrem intendierten Nutzungskontext zu untersuchen (Dzwiarek et al. 2013, Nickel et al. 2012).

Daher initiierte das Sachgebiet "Fördern, Lagern, Logistik im Warenumschatz" im DGUV-Fachbereich "Handel und Logistik" unterstützt von den Berufsgenossenschaften Holz und Metall (BGHM) sowie Handel und Warendistribution (BGHW) ein Forschungsprojekt im Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Die Wirksamkeit und Akzeptanz einer ergänzenden technischen Schutzmaßnahme zur Verhütung von z. B. Quetschunfällen mit HAB sollte in einem frühen Stadium der Produktentwicklung in virtueller Realität in simulierten betriebspraktischen Szenarien untersucht werden.

### 2. Methode

Im SUTAVE-Labor des IFA ([www.dguv.de/ifa/sutave](http://www.dguv.de/ifa/sutave)) bearbeiteten 20 Probanden über mehrere Versuchsdurchgänge verschiedene Inspektions- und Fahraufgaben mit einer HAB in einer Industriehalle. Die Leistung und die Beanspruchung wurden über verschiedene Szenarien erfasst. Für die Untersuchung wurde der Korb und das Steuerpult der HAB real aufgebaut und mit einem Szenario einer virtuellen, fahrenden HAB in einer Halle so kombiniert, dass die Probanden in eine gemischte Realität eintauchten (vgl. Abb. 1). Der Versuchsauf-

bau wurde aus einer Machbarkeitsstudie (Nickel et al. 2013) weiterentwickelt.

Als ergänzende Schutzmaßnahme wurde eine Not-Stopp-Funktion in die Joysticks zur Steuerung der HAB eingebaut (vgl. Nischalke-Fehn & Bömer 2011). Einstellungen für den Kraftaufwand zur Funktionsauslösung wurden vermessen, zwei ausgewählt und diese während der Versuche systematisch variiert.



**Abbildung 1:** Gemischte Realität für die Versuche zum sicheren Führen von HAB im SUTAVE-Labor des IFA (Foto: © Lungfiel/IFA).

Die Wirksamkeit des Not-Stopps konnte weder im realen Nutzungskontext "Unfall durch Quetschung des HAB-Führers" noch als realitätsnahe Simulation so untersucht werden, dass ein HAB-Führer nach vorne über das Steuerpult und den Joystick gedrückt wird. Allerdings wurden mithilfe von virtueller Realität Unfallszenarien stufenweise angenähert. Die Stufen reichten von schwierigen Arbeitssituationen (z. B. mit der Gefahr der Kollision der HAB mit Engstellen), über potentielle Gefahrensituationen (z. B. mit der Gefahr der Kollision des Probanden mit verdeckten und schlecht einsehbaren, virtuellen Unterzügen im Stahlverbund der Hallendachkonstruktion) bis hin zu einer unerwarteten, für den Probanden spürbaren Kollision (ausgeführt mit einem Schaumstoffbalken).

### 3. Ergebnisse

Die Analyse der Bewegungen der HAB in der Industriehalle und die Bewegungen des HAB-Führers im HAB-Korb wiesen darauf hin, dass es sowohl in schwierigen Arbeitssituationen als auch in potentiellen Gefahrensituationen zu Kollisionen kam. Allerdings wurde dann nicht die Not-Stopp-Funktion betätigt, sondern spontan der Joystick in seine Neutralstellung zurückgeführt. Die Analysen der Steuerbewegungen während der unerwarteten, spürbaren Kollision führten zu einem vergleichbaren Ergebnis. Gegen eine Nutzung der Funktion wurden vereinzelt Bedenken geäußert, wonach sich damit nur über eine weitere Beschleunigung

zu einem Stoppen der HAB gelangen ließe. Damit könnte es durch den Einsatz der Schutzmaßnahme zu einer neuen Gefährdung kommen, die zu vermeiden wäre.

Die Not-Stopp-Funktion wurde von allen Probanden auf Anweisung im Übungsszenario ausprobiert. Darüber hinaus wurde sie während normaler Arbeitssituationen ohne erkennbare Gefährdung genutzt. Häufiger passierte das allerdings bei niedriger Auslösekraft. Unter dieser Bedingung zeigte sich auch, dass die Bearbeitungszeit der Inspektions- und Fahraufgaben länger ausfiel. Ursachen dafür könnten in Unterbrechungen durch unabsichtliches Auslösen der Not-Stopp-Funktion und damit verlängerter Aufgabenbearbeitung oder in der Wahl geringerer Fahrgeschwindigkeiten zur Vermeidung der unabsichtlichen Funktionsbetätigung gesehen werden.

#### 4. Diskussion

Insgesamt weisen die Untersuchungen in VR darauf hin, dass zur genaueren Auslegung der Not-Stopp-Funktion als ergänzende Schutzmaßnahme noch Diskussionsbedarf besteht, bevor sie zur Verhütung von z. B. Quetschunfällen mit HAB eingesetzt werden sollte. Das betrifft einerseits Fragen der Steuerungsart und -dynamik bezogen auf die gewählte Kopplung von Geschwindigkeits- bzw. Beschleunigungssteuerung mit einer Stopp-Funktion. Andererseits erscheinen weitere Überlegungen zu Auslösekräften und Widerstandscharakteristika der verschiedenen Schaltzustände erforderlich. Bereits parallel zur vorliegenden Untersuchung wurden alternative Umsetzungen der Not-Stopp-Funktion entwickelt, die als Lösungsansätze für die kritischen Ergebnisse durchaus geeignet erscheinen.

An der vorliegenden Untersuchung nahmen überwiegend wenig oder nicht erfahrene HAB-Führer teil, die sich durchaus an Verleiher wenden und eine HAB grundsätzlich nutzen können. Inwieweit die Ergebnisse auch für erfahrene HAB-Führer zutreffen, soll in einer zukünftigen Studie nachgegangen werden. Abschließend wird ebenso zu diskutieren sein, inwieweit Ergebnisse aus solchen Simulationsstudien noch mit Untersuchungen außerhalb von VR an realen Modellen oder im betriebspraktischen Einsatz vor Ort (vgl. auch Koppenborg et al. 2014, Naber et al. 2014) angereichert werden müssen, bevor Herstellern von HAB eine solche zusätzliche Not-Stopp-Funktion zur zukünftigen Nutzung empfohlen werden kann.

#### 5. Literatur

- BGI 720 (2013) Sicherer Umgang mit fahrbaren Hubarbeitsbühnen. Mainz: BGHM.
- Dzwiąrek M, Grabowski A, Jankowski J, Strawinski T (2013) Analysis of usability of the virtual reality technology for risk assessment in machinery design. Proceedings of the 2013 International Conference on Education and Modern Educational Technologies (EMET 2013) (Sep 28-30, 2013, Venice, Italy), pp. 146-153.
- Koppenborg M, Naber B, Nickel P (2014) Unfallprävention bei Baumaschinen: Analyse der Informationsaufnahme von Baggerführern. (in diesem Band)
- Naber B, Hauke M, Nickel P, Koppenborg M, Huelke M (2014) Schutzeinrichtungen mit 3D-Schutzräumen an Maschinen: Überprüfung der Unterkriechbarkeit. (in diesem Band)
- Nickel P, Lungfiel A, Naber B, Hauke M, Huelke M (2012) Virtual Reality in Occupational Safety and Health for Product Safety and Usability. Proceedings of the 7th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems (SIAS) (Oct 11-12, 2012, IRSST, Montreal, Canada), pp. 41-46.
- Nickel P, Lungfiel A, Nischalke-Fehn G, Trabold R-J (2013) A virtual reality pilot study towards elevating work platform safety and usability in accident prevention. Safety Science Monitor 17 (1), 2/1-2/10.
- Nischalke-Fehn G, Bömer T (2011) Quetschunfälle an Hubarbeitsbühnen durch modifizierte Meisterschalter verhindern. Aus der Arbeit des IFA 0332(12/2011), 1-2.
- Stocker K, Deuchert A, Zepp C (2011) Hubarbeitsbühnen (Sicherheit und Gesundheit). BGHM-Aktuell 4(2011), 16-20.



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