

# Virtuelle Realität unterstützt Risikobeurteilung einer Schiffsschleuse

Peter NICKEL<sup>1</sup>, Andy LUNGFIEL<sup>1</sup>, Michael HUELKE<sup>1</sup>,  
Eugen PRÖGER<sup>2</sup> und Rolf KERDEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

<sup>2</sup>*Fachstelle für Verkehrstechniken der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (FVT),  
Weinbergstraße 11-13, D-56070 Koblenz*

<sup>3</sup>*Unfallkasse des Bundes, Arbeitsschutz und Prävention Westdeutschland,  
Cheruskerring 11, D-48147 Münster*

**Kurzfassung:** Durch eine Risikobeurteilung in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen von Maschinen und Anlagen, die durch virtuelle Realität unterstützt wird, sollten sich präventiv Produktsicherheit verbessern, Unfälle verhüten und aufwendige Nacharbeiten vermeiden lassen. Analysen von Entwicklungsarbeiten in virtueller Realität (VR) und Vorbereitungen zur Risikobeurteilung einer virtuellen Schiffsschleuse zeigen erweiterte Möglichkeiten für ein Inspektorenteam wie wiederholbares Begehen, Sehen, Interagieren und Bewerten einer zukünftigen Schleuse im kommenden Nutzungskontext im Maßstab 1:1. Unter welchen Bedingungen VR besonders unterstützen kann, wo Grenzen liegen und wie eine Übertragbarkeit auf andere Maschinen möglich ist, soll zum Projektabschluss erkennbar werden.

**Schlüsselwörter:** Risikobeurteilung, Maschinenrichtlinie, Simulation, Virtuelle Realität, Planungsmodell, Prävention, Usability.

## 1. Einleitung

Während sich eine Gefährdungsbeurteilung auf ein konkretes betriebliches Arbeitsszenario bezieht, soll durch eine Risikobeurteilung (RB) nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EC (MRL) und DIN EN ISO 12100: 2011 (vgl. Fraser 2010; Schneider 2010) vor Inbetriebnahme einer Maschine oder Anlage ein hohes Sicherheitsniveau des Produkts erreicht und damit präventiv zur Unfallverhütung beigetragen werden. Prospektive und präventive RB werden in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen durchgeführt (Meridan 1995). RB von heute für Maschinen und im Nutzungskontext von morgen erlauben dann eine frühe und effiziente Integration von Gestaltungsmaßnahmen zur Gefährdungsreduktion und Unfallvermeidung und helfen ressourcenaufwendige Nacharbeiten an fertigen Maschinen zu verringern. Mit Simulationen in z.B. virtueller Realität (VR) könnten RB nicht nur von zukünftigen Maschinen in zukünftigen Nutzungskontexten, sondern auch in Arbeitsszenarien durchgeführt werden, die in der Realität z.B. zu gefährlich sind, nur aufwendig gebaut werden können oder noch gar nicht existieren (Wickens & Hollands 2000; Nickel et al. 2012). Als Simulationstechnik kann VR genutzt werden um Maschinen und Anlagen in realitätsnahen Arbeitsprozessen und -umgebungen in ihrer Dynamik nachzubilden. Als Methode erlaubt VR es darüber hinaus solche Arbeitsprozesse auch geplant und interaktiv zu variieren, zu wiederholen und systematisch zu analysieren (Nickel et al. 2011; Stanney & Cohen 2012). Um die Gebrauchstauglichkeit von VR zur Unterstützung von RB nach MRL von

Schiffsschleusen in Planung zu untersuchen, initiierte die Unfallkasse des Bundes ein Projekt, das vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in Kooperation mit der Fachstelle für Verkehrstechniken der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (FVT) bearbeitet wird.

## 2. Methode

Die Schleusenanlage Kochendorf wird als erste von 26 Neckarschleusen für übergroße Gütermotorschiffe (135 m) verlängert. Die Gestaltung von Schleusenanlagen unterliegt auch Anforderungen aus der MRL und macht eine RB erforderlich (Schneider 2010). Mithilfe eines VR-Planungsmodells soll eine RB der zukünftigen Schleusenanlage unterstützt werden, damit auch alle dynamischen Prozesse (z.B. der Elektrohubzylinder) im Nutzungskontext (z.B. mit gemischtem Güter- und Sportverkehr) in verschiedenen Betriebszuständen (z.B. auch Instandhaltung) berücksichtigt werden können. Ein virtuelles, funktionales und dynamisches Modell wurde anhand von Informationen aus der Begehung der aktuellen Schleuse, den Zeichnungen und den 3D CAD Modellen zu Anlagenkomponenten der geplanten Anlage entwickelt und im STUAVE-Labor des IFA ([www.dguv.de/ifa/sutave](http://www.dguv.de/ifa/sutave)) als zukünftige Schleusenanlage im Maßstab 1:1 begehbar umgesetzt (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Ansichten der Schleuse Kochendorf als Foto und als VR-Planungsmodell  
(© Bilder: Wasser- und Schifffahrtsamt Heidelberg, IFA und FVT der WSV)

Im Projekt wurden realitätsnahe Szenarien (Nickel et al. 2012) zur Durchführung der RB anhand verschiedener Kriterien abgestimmt. Zu beachten waren (a) die Schleuse als Ganzes im Nutzungskontext (z.B. mit Vorhäfen), (b) spezifische Teilbereiche (z.B. Torinstandhaltung), (c) dynamische Prozesse mehrerer Maschinenteile (z.B. Bergschleusung), (d) unterschiedliche Betriebszustände (z.B. Normalbetrieb, Instandhaltung), (e) Schleusenaufbauten (z.B. Auslegung von Betriebswegen, Masten für Beleuchtung und Kamerasysteme), (f) Wahl alternativer Gestaltungen (z.B. für Platzierung von Maschinenhäusern) und (g) die Evaluation von Maßnahmen zur Risikoreduktion im Nutzungskontext (z.B. zur Schleusenabsicherung).

Zur Vorbereitung der RB wurden das VR-Planungsmodell und die Umsetzung der Szenarien im Modell vom Projektteam bewertet. Für die Durchführung der RB wurde vereinbart mechanische Gefährdungen und Gefährdungen aus der mangelnden Berücksichtigung ergonomischer Gestaltung besonders zu berücksichtigen. Darüber hinaus wurde die Zusammensetzung eines interdisziplinären Teams mit Mitarbeitern des

Herstellers und Betreibers sowie Arbeitsschutz- und RB-Experten zur Durchführung der RB im VR-Labor abgestimmt.

### 3. Ergebnisse

Zur Untersuchung, inwieweit mithilfe von VR eine systematische RB unterstützt werden kann, war zunächst ein möglichst genaues VR-Planungsmodell auf der Grundlage vorhandener Planungsinformationen zu entwickeln. Darüber hinaus wurden zur Umsetzung der Projektziele verschiedene Arbeitsszenarien ausgewählt, um wie dann mithilfe des VR-Planungsmodells nutzen zu können. Die Entwicklungsarbeiten und Vorbereitungen zur Durchführung der RB einer virtuellen Schiffsschleuse sind abgeschlossen. Während dieser Projektarbeiten konnten bereits Möglichkeiten und Grenzen des VR-Einsatzes für eine RB ermittelt werden.

Die Nutzung von VR für eine RB erscheint vorteilhaft, da

- eine zukünftige Maschine im kommenden Nutzungskontext im Maßstab 1:1 mit der vollen Funktionalität zur Verfügung steht,
- fragmentierte Planungsinformationen (aus z.B. Zeichnungen, Karten, Fotos, Listen, Maschinenkomponenten) in einem konsistenten Modell integriert werden,
- dadurch die Maschine verfügbar, sichtbar, begehbar und bewertbar wird,
- dynamische Simulationen als interaktive Demonstrationen von Bewegungen verschiedener Teile der Maschine während einer Schleusung möglich werden,
- sich Ansichten beliebiger Perspektiven (z.B. vom/unter Wasser, aus der Luft), von beliebigen Positionen (z.B. Mittelmauer, Schiff, Bedienstand) bieten,
- Einsichten ins Schleuseninnere möglich sind (Kaverne, Schacht, Sparbecken),
- unerkannte Gefährdungen durch z.B. die Dynamik mehrerer beweglicher Teile der Gesamtanlage identifiziert werden können,
- die wiederholte Analyse von dynamischen Szenarien möglich ist,
- Betriebszustände (z.B. Normalbetrieb, Instandhaltung) gewählt werden können,
- sich Witterungs-/ Sichtverhältnisse für den Outdoorbetrieb simulieren lassen,
- sich Sichtanforderungen in die Auslegung von Aufbauten integrieren lassen,
- eine direkte Interaktion im Modell z.B. bei Messungen möglich ist und
- die probeweise Auswahl und Umsetzung von Maßnahmen unterstützt wird.

Der VR-Nutzung für eine RB könnte entgegen stehen, dass

- VR Präsentationsmedien (z.B. Leinwand, HMD) benötigt werden,
- ein VR-Planungsmodell ein zusätzliches Planungsmodell ist,
- sich Ergebnisse aus einem weiteren Modell bisherigen widersprechen könnten,
- Gefährdungen (durch z.B. Elektrik, Strahlung) nicht simuliert werden können,
- ein zu hohes Niveau der Simulationstreue und -genauigkeit gefordert wird,
- der Entwicklungsaufwand verfügbare Ressourcen übersteigen kann und
- lediglich allgemein verfügbares Erfahrungswissen berücksichtigt werden kann (z.B. keine Simulation von unbekanntem Ereignissen oder Auswirkungen).

Eine RB enthält verschiedene Prozessschritte von der Analyse über die Bewertung von Gefährdungen und Risiken bis hin zur Evaluation von Maßnahmen (DIN EN ISO 12100: 2011). Für die Dokumentation der Grenzen der Maschine (hier der Schleusenanlage Kochendorf), als einem ersten Schritt der eigentlichen RB im VR-Labor, sind die wesentlichen Inhalte zusammengestellt. Nun stehen die Identifizierung und die Einschätzung von Gefährdungen auf der virtuellen Schleusenanlage durch ein interdisziplinäres Expertenteam an.

## 4. Diskussion

Auf der Basis der Entwicklungsarbeiten und Vorbereitungen zur RB der virtuellen Schleusenanalyse Kochendorf konnte die Unterstützung durch VR insgesamt positiv bewertet werden. Es deutet sich aber auch bereits an, dass nicht für jede Maschine die Unterstützung einer RB mithilfe von VR sinnvoll erscheint. Für eine abschließende Evaluation des VR-Einsatzes für RB sind allerdings auch ihre Durchführung und die daraus abgeleiteten Ergebnisse abzuwarten. Dort sollen auch die Einschätzungen des interdisziplinären Inspektorenteam einfließen.

Da die Entwicklung des virtuellen Planungsmodells bereits auf umfangreiche Informationen aufbauen konnte, war der Entwicklungsaufwand relativ gering. Durch die gesammelten Erfahrungen, die als ein Teilergebnis dokumentiert werden, dürfte sich der Aufwand bei Vorhabenswiederholung oder für Nachahmer reduzieren. Aus diesen und inhaltlichen Erwägungen unter der Perspektive der Unfallverhütung und Produktsicherheit scheint eine Übertragung des Vorgehens auf andere Maschinen und Anlage durchaus sinnvoll. Von Vorteil dürfte es sich insbesondere dann erweisen, wenn es um neue Arbeitsprozesse geht, für die aus bisheriger oder aktueller betrieblicher Praxis nur wenige Erfahrungen genutzt werden können.

In Anwendungsbereichen wie der virtuellen Fabrikplanung oder der Bewertung der ergonomischen Gestaltung von Komponenten eines Arbeitssystems liegen bereits vielfältige Erfahrungen mit der Unterstützung durch VR vor (Wickens & Hollands 2000; Stanney 2002; Koppenborg et al. 2013; Naber et al. 2013). Aufbauend darauf soll mithilfe des vorliegenden Projekts ein Vorgehen zur Unterstützung der RB durch VR aufgezeigt werden, das zukünftig zielgerichtet und systematisch eine Umsetzung fördern kann. Auch soll besser abschätzbar werden, inwieweit und unter welchen Bedingungen eine Übertragung auf andere Arten von Maschinen und Anlagen sinnvoll erscheint.

## 5. Literatur

1. Fraser, I. (Red.) 2010, Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, 2. Auflage. Brüssel: Europäische Kommission, Unternehmen und Industrie.
2. Koppenborg, M., Lungfiel, A., Naber, B. & Nickel, P. 2013, Auswirkungen von Autonomie und Geschwindigkeit in der virtuellen Mensch-Roboter-Kollaboration. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung - Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Dortmund: GfA-Press, 417.
3. Merdian, J. 1995, Risikobeurteilung in Arbeitssystemen, Die BG, 10, 518-524.
4. Naber, B., Lungfiel, A., Nickel, P. & Huelke, M. 2013, Human Factors zu Robotergeschwindigkeit und -distanz in der virtuellen Mensch-Roboter-Kollaboration. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung - Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Dortmund: GfA-Press, 421.
5. Nickel, P., Lungfiel, A., Huelke, M., Pröger, E. & Kergel, R. 2012, Prevention through Design in Occupational Safety and Health by Risk Assessment of Virtual River Locks. In: Proceedings of the 7th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems (SIAS), IRSST, Montreal, Canada, October 11-12, 2012, 35-40.
6. Nickel, P., Lungfiel, A., Hauke, M., Nischalke-Fehn, G., Huelke, M., Schaefer, M., 2011, Virtuelle Realität im Arbeitsschutz für mehr Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit, Technische Sicherheit, 1/4, 43-47.
7. Schneider, W. 2010, Musterrisikobeurteilung an einer Schleuse. Koblenz: WSV-FVT.
8. Stanney, K. M. (Ed.) 2002, Handbook of virtual environments. Mahwah: LEA.
9. Stanney, K. M. & Cohn, J. V. 2012, Virtual environments. In: G. Salvendy (Ed.), Handbook of human factors and ergonomics. Hoboken: Wiley, 1031-1056.
10. Wickens, C.D. & Hollands, J.G. 2000, Engineering psychology and human performance. Upper-SaddleRiver: Prentice Hall.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

**Chancen durch Arbeits-,  
Produkt- und  
Systemgestaltung –  
Zukunftsfähigkeit für  
Produktions- und  
Dienstleistungsunternehmen**

59. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Fachhochschule Krefeld

27. Februar bis 01. März 2013

Bericht zum 59. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27.02. bis 01.03.2013

an der FH Niederrhein, herausgegeben von der

Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press

ISBN 3- 978-3-936804-14-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

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

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: apl. Prof. Dr. M. Schütte**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist  
es nicht gestattet, die Broschüre oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Foto-  
kopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Druck: City Druck, Heidelberg      Technische Gestaltung: Stefan Cavadini  
Printed in Germany



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Jahresdokumentation 2013

---

# **Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung – Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen**

Bericht zum 59. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft  
vom 27. Februar bis 01. März 2013

herausgegeben von der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V: