

Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz durch Beurteilungen anhand eines dynamischen Planungsmodells der virtuellen Schleuse Kochendorf

Dr. P. Nickel, Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), Sankt Augustin
Dipl.-Ing. E. Pröger, Fachstelle der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung für
Verkehrstechniken (FVT), Koblenz
Dipl.-Ing. R. (FH) Kergel, Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB), Arbeitsschutz und
Prävention, Münster
Dipl.-Ing. (FH) A. Lungfiel, Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), Sankt Augustin
Dipl.-Ing. T. Wachholz, Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS),
Außenstelle Mitte, Hannover

Werden Anforderungen an die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz bereits in frühen Phasen der Planung einer Schleusenanlage berücksichtigt, dann sollten sich präventiv Produktsicherheit verbessern, Unfälle verhüten und aufwendige Nacharbeiten vermeiden lassen. Für die Verlängerung der Schleuse Kochendorf wurden vorhandene Planungsdaten in ein Modell der virtuellen Realität integriert und an der virtuellen Anlage in verschiedenen Nutzungsszenarien eine Risikobeurteilung durchgeführt. Durch die erweiterten Möglichkeiten eines VR-Planungsmodells der zukünftigen Schleuse (z. B. Maßstab 1:1, bewegliche Teile der Maschine, Talschleusung von ÜGMS, 3D-Messungen) wurden die Analyse von Gefährdungen und Bewertung von Risiken umfassend unterstützt und erleichtert. Maßnahmen zur Risikominderung konnten von den Beteiligten spontan entwickelt, diskutiert und evaluiert werden. Die dokumentierten Ergebnisse der Risikobeurteilung gingen bereits wieder in die Planungsphase ein. Die durchgeführte Risikobeurteilung ersetzt zwar keine abschließende Beurteilung an der realen Anlage, kann allerdings den Aufwand dafür und für nachträgliche Korrekturen mindern. Wegen der insgesamt positiven Erfahrungen mit virtueller Realität (VR) zur Entwicklung eines Planungsmodells und Durchführung einer Risikobeurteilung wird nun VR auch zur Beurteilung von Anforderungen des Arbeitsschutzes im Rahmen der Standardisierung von Schleusen im Binnenverkehr vorbereitet.

1. Einleitung – Risikobeurteilung von Schleusen

Das Hauptnetz der Bundeswasserstraßen mit über 5000 km (Klassen IV und höher) bildet einen wesentlichen Bestandteil des "nassen" Transeuropäischen Verkehrsnetzes. Die Wasserstraßen und über 300 Schiffsschleusen werden mit dem Ziel erhalten und ausgebaut, ihren Anteil am steigenden Transportvolumen aufzunehmen und weiterhin zur Entlastung anderer Verkehrswege beizutragen. Die Wasserstraßen sollen möglichst weitgehend durchgängig mit übergroßen Motorschiffen (ÜGMS) befahrbar werden [1]. Am Neckar wird das dadurch erreicht, dass jeweils eine der meist zwei Kammern bestehender Schleusenanlagen verlängert wird [2].

Da Schleusen im Sinne der Maschinenverordnung [3] als Maschinen gelten, machen die daraus resultierenden Anforderungen bei Neu-, Aus- oder Umbau einer Anlage die Durchführung einer Risikobeurteilung erforderlich [4]. Mit dieser Beurteilung sollen

[Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der Hafentechnischen Gesellschaft e.V. (Hamburg):

Nickel, P., Pröger, E., Kergel, R., Lungfiel, A., Wachholz, T. (2015). Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz durch Beurteilungen anhand eines dynamischen Planungsmodells der virtuellen Schleuse Kochendorf. In Hafentechnische Gesellschaft (Hrsg.), Tagungsband (HTG-Kongress 2015, Bremen) (S. 270-278). Hamburg: HTG.]

potenzielle Gefährdungen identifiziert werden, die von der Maschine während ihres gesamten Lebenszyklus ausgehen können und auf Personen einwirken. Darüber hinaus sollen die damit verbundenen Risiken bewertet und durch Maßnahmen einer sicheren und ergonomischen Gestaltung der Anlage als Ganzes vermieden werden. Im Jahr 2005 wurde vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes festgelegt, die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bereits im Rahmen der Planung von Baumaßnahmen zu berücksichtigen. Die aus der Maschinenverordnung, der Baustellenverordnung [5] und der Arbeitsstättenverordnung [6] resultierenden Anforderungen haben direkte technische und gestalterische Auswirkungen und sind damit auch kostenwirksam. Daher war bereits bei der Aufstellung eines Entwurfes-Ausführungsunterlagen (Entwurf-AU) eine Risikobeurteilung nach Maschinenverordnung zu erstellen (siehe dahingehend ergänzte VV-WSV 2107 [6]).

Beginnt eine erste Risikobeurteilung in frühen Phasen der Planung und kann sie vor der Aufnahme von Bauarbeiten abgeschlossen werden, können Ergebnisse daraus noch in den Planungsprozess einfließen. Damit verringern sich ressourcen-aufwändige Korrekturen während der Bauarbeiten und an fertiggestellten Maschinen. Von Vorteil ist es, wenn sich die Risikobeurteilung auf ein Planungsmodell der gesamten zukünftigen Maschine (hier: Schleusenanlage) im Nutzungskontext bezieht. Eine Beurteilung besonders unterstützen kann das Modell dann, wenn es in Funktion, Flexibilität und Dynamik über die meist verfügbaren Planungsunterlagen in Form von Zeichnungen oder CAD-Modellen für Einzelkomponenten hinausgeht. In einem Forschungsprojekt wurde daher untersucht, inwieweit eine Prozesssimulation, wie virtuelle Realität (VR), bei der Durchführung einer Risikobeurteilung einer Schleusenanlage unterstützen kann. Das Projekt wurde von der Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB) initiiert und vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in Kooperation mit der Fachstelle der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung für Verkehrstechniken (FVT) durchgeführt.

2. Methoden – Entwicklung eines VR-Planungsmodells für eine Risikobeurteilung

Jeweils eine der meist zwei Kammern der Neckarschleusen soll in ähnlicher Bauart so verlängert werden, dass sie mit dem ÜGMS durchgängig befahren werden kann. Da die Schleuse Kochendorf als erste verlängert wird, wurde die Entwicklung eines virtuellen Modells auf diese Schleuse ausgerichtet. Ergebnisse aus dem Projekt und der Risikobeurteilung werden wiederum für die übrigen Neckarschleusen berücksichtigt.

Vor der Modellentwicklung wurden zunächst die Aufgaben und Funktionen einer Schleuse in verschiedenen Betriebszuständen und Nutzungskontexten als Szenarien (z. B. Bergschleusung eines ÜGMS, Schiffspassage im Vorhafen) ermittelt. Dann waren alle dafür relevanten Komponenten der Schleuse (z. B. Mittelmole, Kavernen, Tore, Betriebsgebäude, Schwimmpoller) einschließlich des Nutzungskontextes (z. B. ÜGMS, Schleusung) zusammenzustellen. Es wurden Prozesspläne verfasst, die den zeitlichen Ablauf der einzelnen Szenarien mit beteiligten Schleusenkomponenten und -funktionalitäten beschreiben. Schließlich wurden für eine Risikobeurteilung notwendige Funktionalitäten ermittelt (z. B. Begehung der Schleusenanlage, Längenmessungen). Mithilfe dieser Informationen konnte ermittelt werden, welche Komponenten im Detail für

BLOCK 3B

ein VR-Planungsmodell erforderlich sind und welche Dynamiken das VR-Modell für die Durchführung einer Risikobeurteilung aufweisen muss [8].

Für die meisten Komponenten der Schleuse wurden anhand verfügbarer Planungsunterlagen (2D Zeichnungen) neue 3D CAD Modelle mithilfe eines CAD-Programms (SolidWorks, Dassault Systèmes) erstellt (z. B. Mittelmole, Häupter, Betriebsgebäude). Komponenten, die bereits als 3D CAD Modell verfügbar waren und den Planungsvorgaben entsprachen (z. B. Tore, Elektrohubzylinder), wurden anschließend ebenso wie die neu erstellten CAD Modelle als einzelne Dateien für die weitere Verarbeitung in einer VR-Software (Vizard, WorldViz LLC) aufbereitet. Durch dieses Vorgehen konnte die gesamte Schleuse im Nutzungskontext aus zirka 200 Einzelkomponenten zusammengesetzt werden, die mit ihren Positionsdaten in der Schleusenanlage in einer Komponenten-Datenbank abgelegt waren. Einzelne Komponenten wurden in VR so animiert, dass Schleusenaufbauten (z. B. Betriebsgebäude, Masten) verschoben bzw. dynamische Szenarien (z. B. Talschleusung) gesteuert werden konnten. Die Schleuse im Nutzungskontext wurde zur Durchführung der Risikobeurteilung im Maßstab 1:1 auf eine Leinwand im SUTAVE-Labor des IFA (www.dguv.de/ifa/sutave) projiziert. Mithilfe einer graphischen Benutzeroberfläche auf einem Labor-Computer waren eine schnelle Bewegung des Inspektorenteams auf der Schleuse, die Abstandmessung im virtuellen Raum und die Steuerung verschiedener Aufgabenprozesse der Schleuse möglich.

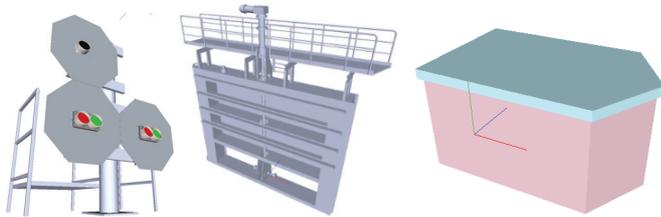


Abb. 1 Beispiel-Komponenten des VR-Planungsmodells für die Schleuse Kochendorf

Eine Risikobeurteilung nach Maschinenverordnung beginnt mit Analysen von Gefährdungen aus dem Betriebskonzept und im Prozessablauf. Es folgen Bewertungen des Risikos und falls erforderlich, werden Maßnahmen zur Risikoreduktion entwickelt. Der Prozess der Beurteilung wird abschließend dokumentiert [9]. Auch wenn weder Ablauf noch Methoden im Detail verpflichtend vorgegeben sind, konnte über die Anwendung des Leitfadens Maschinensicherheit für Anlagen der WSV einschließlich der Musterrisikobeurteilung [10, 4] ein systematisches Vorgehen im Detail gewährleistet werden.

3. Ergebnisse – Neue Möglichkeiten mit einem VR-Planungsmodell

Ein flexibles und dynamisches VR-Planungsmodell der zukünftigen Schleusenanlage im Nutzungskontext konnte entsprechend der aktuellen Planungsunterlagen entwickelt werden. Das Modell wurde abschließend auf seine Gebrauchstauglichkeit für die Durchführung einer Risikobeurteilung untersucht und nach letzten Anpassungen dafür freigegeben. Im VR-Labor wurde das Modell im Maßstab 1:1 so projiziert, dass ein "Eintauchen" in die Welt der zukünftigen Schleusenanlage möglich wurde. So bezogen

sich sowohl die Inspektoren als auch die Projektmitglieder auf realitätsnahe Eindrücke von Größe, Bewegungszeiten und Massen und konnten ihre Erfahrungen aus den Prozessabläufen leicht und für alle Beteiligten des interdisziplinären Teams verständlich austauschen.

Die Risikobeurteilung wurde über zwei Tage von Inspektoren eines externen Ingenieurbüros, die von der FVT beauftragt wurden, am projizierten VR-Planungsmodell durchgeführt (vgl. Abb. 1). Dadurch konnte die Beurteilung unabhängig und auch unbefangen von der Entwicklung des VR-Planungsmodells und den weiteren Projektbeteiligten vorgenommen werden. Die Inspektoren wurden dabei durch Projektbeteiligte von der FVT, dem IFA, der UVB sowie dem Amt für Neckar Ausbau Heidelberg (ANH) und der Fachstelle für Maschinenwesen Südwest (FMSW) unterstützt. Zunächst wurde das Betriebskonzept der Schleuse strukturiert und dabei erforderliche Maßnahmen der funktionalen Sicherheit und Möglichkeiten ihrer Prüfung und Bewertung ausführlich diskutiert. Mithilfe des VR-Planungsmodells der zukünftigen Schleuse wurden anschließend, orientiert an den Szenarien und anhand von einschlägigen Checklisten [4, 9, 10], unterschiedliche Gefährdungen in verschiedenen Situationen analysiert (vgl. Abb. 2).

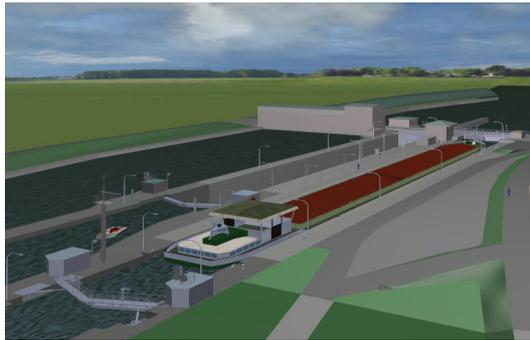


Abb. 1 Bild vom VR-Planungsmodell der virtuellen Schleuse Kochendorf



Abb. 2 Durchführung der Risikobeurteilung im VR-Labor

BLOCK 3B

Der Teil der Risikobeurteilung, der sich auf die Analysen zur technischen und funktionalen Sicherheit bezog, konzentrierte sich zunächst auf die Verifikationen des Betriebskonzepts nach unterschiedlichen Bedienebenen (z. B. vor Ort) und Betriebsarten (Automatik-, Hand- und Sonderbetrieb). Daraus konnten Sicherheitsanforderungen identifiziert werden, einzuhalten Schutzniveaus abgeleitet werden, die Auslegung der Steuerungseinrichtungen präzisiert werden und Vorgehensweisen zur Überprüfung für den späteren Schleusenbau entwickelt werden. Das VR-Planungsmodell unterstützte dabei ein systematisches Vorgehen, ein gemeinsames Verständnis für das Betriebskonzept und die Entscheidungsfindung für Sicherheitsanforderungen.

Die Risikobeurteilung bezog sich ebenso auf Zustände und Prozesse im Lebenszyklus der zukünftigen Schleusenanlage, die auch während der Nutzungsszenarien (z. B. Bergschleusung, Instandsetzungsarbeiten am Tor [8]) analysiert wurden. Es wurden verschiedene Gefährdungen aufgedeckt, Risiken bewertet und dabei auch Lösungsvorschläge zur Reduktion der Risiken in Form von alternativen Gestaltungen konkretisiert.

Durch die Darstellung der Schleusenanlage in realer Größe im VR-Labor waren gemeinsame Begehungen aller Schleusenbereiche möglich. Dabei konnten Blickperspektiven und Positionen eingenommen werden, die selbst auf realen Schleusen kaum möglich sind (z. B. Vogelperspektive oder Sicht im Inneren der Schleuse) (vgl. Abb. 3). Bewegungsabläufe (z. B. Talschleusung) ließen sich im Zeitraffer so oft wie nötig wiederholen. Diese Möglichkeiten waren bei der Aufdeckung möglicher Gefährdungen (z. B. Quetschgefährdungen an Engstellen, Gefährdungen durch bewegliche Teile der Maschine) und ihrer Bewertung sehr hilfreich.

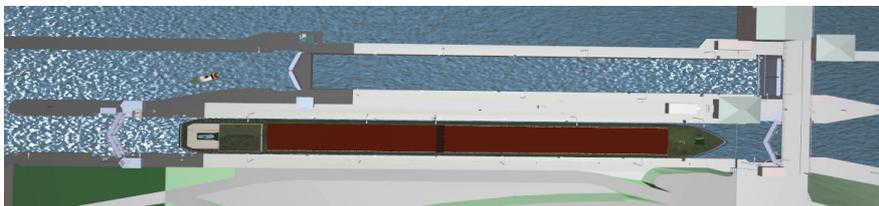


Abb. 3 Vogelperspektive hilft Gefährdungen zu identifizieren und Risiken zu bewerten

Durch den flexiblen Einsatz eines virtuellen Messkörpers im dreidimensionalen VR-Planungsmodell konnten Maße aus Arbeitsschutzanforderungen überprüft werden. So wurde ermittelt, inwieweit Markierungen in ausreichender Größe und an geeigneten Stellen durch die Planungen vorgegeben waren. Auch konnten Engstellen identifiziert werden, die den effektiven Werkzeugeinsatz bei Wartungsarbeiten erschweren oder die zu potenziellen Quetschgefährdungen beispielsweise beim Öffnen von Stemmtorflügeln führen könnten (vgl. Abb. 4).

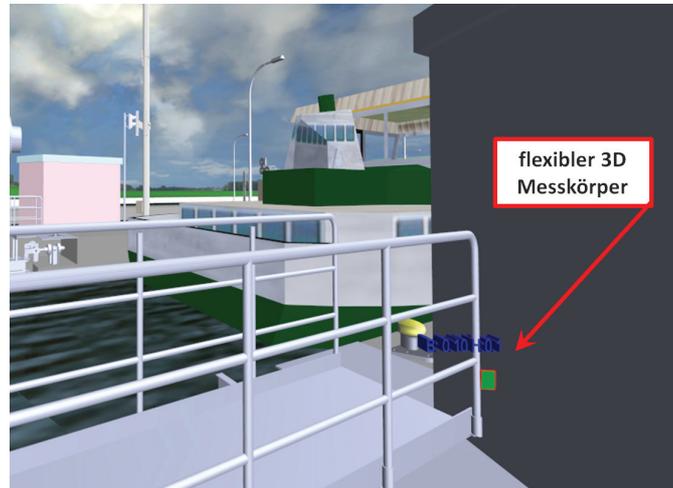


Abb. 4 Einsatz eines Messkörpers (kleines grünes Rechteck von 100 mm Breite) zwischen Geländer des Stemmtorflügels und Betriebsgebäude

Das VR-Planungsmodell unterstützte nicht nur beim Auffinden von Gefährdungen und Bewerten von Risiken. Während der Begehungen der virtuellen Schleuse wurden auch Diskussionen angeregt, die die bereits während der Planung umgesetzten Lösungsmöglichkeiten für die Maschinensicherheit als besonders effektiv wertschätzten. Ebenso wurden Vor- und Nachteile möglicher Alternativen besprochen. Das war im vorliegenden Fall besonders hilfreich, da die Planungen noch nicht bis ins letzte Detail abgeschlossen waren. Fragen zu Art, Anzahl und genauer Positionierung von Kamera- und Beleuchtungsmasten waren noch offen. Mithilfe des VR-Modells konnten alternative Lösungen leicht visualisiert werden, sodass z. B. die Schleuse mit starrem Kameramast sowie auch mit Klappmast inspiziert werden konnte. Dabei wurde z. B. erkennbar, inwieweit die Positionierung eines Mastes die Sicht auf die Signalisierung für die Schiffsführer beeinträchtigen würde. Die Durchführung der Risikobeurteilung an der virtuellen Schleuse unterstützte und erleichterte daher auch den Planungsprozess.

Wurden während der Durchführung der Risikobeurteilung Gefährdungen identifiziert und Risiken bewertet, regte das auf der virtuellen Schleuse spontan die Entwicklung von Ideen oder Maßnahmen zur Risikominderung an. In der Abbildung 5 wird dazu ein Beispiel dargestellt:

- Bei geschlossenem Stemmtor ist der Durchgang zwischen Betriebsgebäude und Torgeländer ausreichend breit (Abb. 5 (a)).
- Bei geöffnetem Stemmtor beträgt der Abstand zwischen Gebäude und Torgeländer lediglich 100 mm (vgl. Abb. 4). Es liegt eine Quetschgefährdung vor (vgl. Abb. 5 (b)).
- Wird das Gebäude zur Schleusenmitte hin versetzt, kann die erforderliche Breite für Verkehrswege auf der Schleuse auch bei geöffnetem Stemmtor erreicht und Abstand zum Gefahrenbereich der beweglichen Tore gehalten werden (Abb. 5 (c)).
- Bei geschlossenem Stemmtor ist der Durchgang weiterhin ausreichend groß bemessen (Abb. 5 (d)).

Die Umsetzung dieses Lösungsvorschlags konnte im VR-Planungsmodell leicht überprüft werden, da eine Verschiebung des Betriebsgebäudes für alle sichtbar auf der virtuellen Schleuse vorgenommen werden konnte. Gleichzeitig zeigte ein Blick unter die Kavernenabdeckungen und unter die Bodenplatte der Schleusenplattform des virtuellen Modells, dass keine anderen Schleusenkomponenten (z. B. Verankerung der Stemmtorflügel, Kabelführung von unten) beeinträchtigt werden. Würde diese Gefährdung erst beim Bau der Schleusenanlage aufgedeckt, dann wäre mit sehr hohem Aufwand für nachträgliche Umbauten oder auch nur Absicherungen zu rechnen.

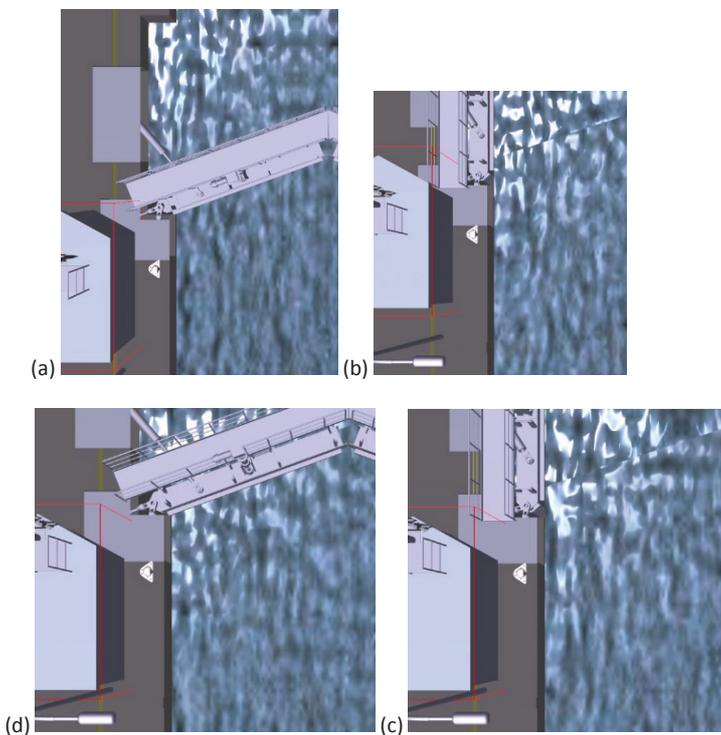


Abb. 5 Identifizierung von Gefährdungen, bewerten von Risiken (a und b) und entwickeln von Maßnahmen zur Risikominderung (c und d) in einem Arbeitsschritt während der Inspektion der virtuellen Schleuse

4. Diskussion zum VR-Einsatz für die Risikobeurteilung einer virtuellen Schleuse

Durch die Möglichkeit der systematischen Inspektion der virtuellen Schleuse [4, 9, 10] erhielt das durch die FVT beauftragte, externe Ingenieurbüro Hinweise zur Durchführung und Dokumentation einer Risikobeurteilung [11]. Die Dokumentation wurde bereits an die Planung (ANH) weitergereicht, von der die Anregungen sinnvoll in die Planungsunterlagen eingearbeitet werden. Dabei werden die Ergebnisse aus der Risikobeurteilung für die Schleuse Kochendorf und die weiteren Schleusen am Neckar genutzt.

Die Risikobeurteilung konnte mit Unterstützung des flexiblen, dynamischen VR-Planungsmodells in einem sehr frühen Planungsstadium stattfinden, kann jedoch eine abschließende Risikobeurteilung an der realen Anlage nach Bauabschluss nicht vollständig ersetzen. Die Nutzung eines virtuellen Planungsmodells der zukünftigen Schleusenanlage im Maßstab 1:1 machte allerdings eine detaillierte und erweiterte Beurteilung möglich, da

- alle relevanten Planungsdaten in einem gemeinsamen Modell integriert wurden,
- der Aufwand für die Risikobeurteilung insgesamt reduziert werden kann,
- Einblicke in Maschinenfunktionen und -prozesse gegeben werden,
- mit mehr Funktionalitäten und Perspektiven Gefährdungen aufgedeckt werden,
- potentielle Gefährdungen besser beurteilt werden können,
- Maßnahmen zur Risikominderung angeregt und überprüft werden können und
- fachübergreifende Beurteilungen bereits sehr zeitig möglich sind.

Die Nutzung der virtuellen Schleusenanlage war für die vorliegende Risikobeurteilung vorteilhaft und ist insgesamt positiv zu bewerten [12]. Darüber hinaus machte der VR-Einsatz tiefe und detaillierte Einblicke in die Zustände und Abläufe der zukünftigen Schleuse im Nutzungskontext möglich. Diese Ergebnisse hätten zu diesem Zeitpunkt der Planung durch die verfügbaren Planungsunterlagen so nicht erzielt werden können. Eine Übertragung der positiven Erfahrungen auf andere Einsatzgebiete wird angestrebt.

5. Ausblick auf weitere Einsatzgebiete des VR-Einsatzes im Arbeitsschutz

Die insgesamt positiven Erfahrungen mit der Risikobeurteilung für eine virtuelle Schleuse im frühen Planungsstadium sollen weiter genutzt werden. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) lässt durch die Standardisierungskommission standardisierte Objekte für Schleusen an den Bundeswasserstraßen in der Expertengruppe "Schleusen im Binnenverkehr" entwickeln. Der Arbeitsschutz wird in die Objekt-Standardisierung möglichst früh einbezogen, um Anforderungen aus der Maschinen-, Baustellen- und Arbeitsstättenverordnung bereits präventiv berücksichtigen zu können. Dieses Ziel geht über eine alleinige Bewertung von technischen und funktionalen Sicherheitsanforderungen an standardisierte Objekte hinaus. Es sollen praktikable Maßnahmen generiert und umgesetzt werden, die Anforderungen sowohl des Arbeitsschutzes als auch der Standardisierung an Schiffsschleusen genügen. Mithilfe von Simulationstechniken wie z. B. VR sollen Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit der einzelnen standardisierten Objekte, ihr Zusammenwirken in einer Schiffsschleuse als Maschine und in ihrem Nutzungskontext untersucht werden. Ein Projekt, in dem die Expertengruppe zusammen mit der FVT, dem IFA und der UVB für die zukünftig bundesweite Standardschleuse ein VR-Planungsmodell entwickeln, wurde angestoßen. Eine erste Risikobeurteilung nach Maschinenverordnung ist dabei vorgesehen.

6. Literatur

- [1] BMVI: Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2012. Deutscher Bundestag, Drucksache 18/580, 18.02.2014.
- [2] Lenz, E.-U.: Die Planungen zur Verlängerung der Schleusen am Neckar. In Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest (Hrsg.), Informationen 2007 (13-17). Mainz: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, WSD-SW, 2008.
- [3] Maschinenverordnung: Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung), Bundesgesetzesblatt (BGBl.) I (08.11.2011), 2178.
- [4] Schneider, W.: Musterrisikobeurteilung an einer Schleuse. Koblenz: FVT, 2010.
- [5] BaustellV: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung – BaustellV) (BGBl. (10.06.1998), 1283), letzte Änderung: Bundesgesetzesblatt (BGBl.) I (23.12.2004), 3758.
- [6] ArbeitsstättenV: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV) (BGBl. I (2004), 2179), letzte Änderung: Bundesgesetzesblatt (BGBl.) I (19.07.2010), 960.
- [7] VV-WSV 2107: Aufstellen und Prüfen von Entwürfen für Baumaßnahmen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV).
- [8] Nickel, P.; Lungfiel, A.; Pröger, E.; Kergel, R.: Sicherheit und Gesundheitsschutz für das Arbeiten mit Maschinen am Beispiel der Risikobeurteilung einer virtuellen Schiffsschleuse. sicher ist sicher - Arbeitsschutz aktuell 65, (2014), 1, 21-28.
- [9] DIN EN ISO 12100. Sicherheit von Maschinen. Allgemeine Gestaltungsleitsätze. Risikobeurteilung und Risikominderung. Berlin: DIN, 2011.
- [10] Schneider, W.: Leitfaden Maschinensicherheit. Koblenz: FVT, 2012.
- [11] ARANO: Risikobeurteilung für die Grundinstandsetzung und Verlängerung der rechten Kammer der Schleuse Kochendorf am Neckar (Neckar-km 103,88), nach MRL 2006/42/EG. Gefährdungsarten in Anlehnung an DIN EN 12100, Fa. ARANO, Wetzlar, Stand 24.03.2014.
- [12] Nickel, P.; Pröger, E.; Lungfiel, A.; Kergel, R.: Flexible, dynamic VR simulation of a future river lock facilitates prevention through design in occupational safety and health. Virtual Reality (VR), 2015 IEEE Annual International Symposium, Arles, France, March 25-27 2015.



TAGUNGSBAND



HTG-Kongress 2015

Maritim Hotel Bremen

09. bis 11. September 2015



Impressum

Hafentechnische Gesellschaft e.V.
Neuer Wandrahm 4
20457 Hamburg

Telefon: 040 42847-2178
Fax: 040 42847-2179

E-Mail: service@htg-online.de
Internet: www.htg-online.de

Vorsitzender: Reinhard Klingen
Stellvertretender Vorsitzender: Dr.-Ing. Karl Morgen
Geschäftsführerin: Meike Stielau

Registergericht: Amtsgericht Hamburg
Vereinsregister Nr. VR 1112
Ust-IdNr.: DE253776206