

## **Machbarkeitsstudie zur Modellierung von Gefahrenpotenzialen beim Entladen von LKWs über Hubladebühnen**

Birgit NABER<sup>1</sup>, Andy LUNGFIEL<sup>1</sup>, Gabriele WINTER<sup>2</sup>,  
Werner DIEDRICH<sup>2</sup>, Peter NICKEL<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> *Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation  
(BG Verkehr), Mina-Rees-Straße 8, D-64295 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle können während Ladevorgängen von Kraftfahrzeugen mit Hubladebühnen durch vertikal und horizontal veränderte Abstände zu Laderampen auftreten. In Unfallanalysen sollen Ursache-Wirkungszusammenhänge aufgedeckt und wirksame Maßnahmen zur Unfallverhütung abgeleitet werden. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden Möglichkeiten und Grenzen mobiler, dynamischer Simulationen von Gefahrenszenarien in virtueller Realität untersucht. Dazu wurde als interaktives Simulationsszenario ein virtueller Ladevorgang entwickelt, bei dem Einflussbedingungen des Szenarios jeweils wahlweise anhand einer grafischen Benutzungsschnittstelle verändert, Bewegungen verschiedener Fahrzeugkomponenten als gefahrbringende Bedingungen dargestellt und variierende Beobachtungsperspektiven eingenommen werden können. Das entwickelte Szenario kann auf unterschiedlichen Medien eingesetzt werden und die Auseinandersetzung mit Stolper-, Rutsch- und Sturzgefahren bei Ladevorgängen fördern. Eine methodischen Unterstützung für Unfalluntersuchungen, Gefährdungsbeurteilungen oder Schulungskonzepten erscheint nach gezielten Ergänzungen des Modells möglich.

**Schlüsselwörter:** Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle, Arbeitsschutz, virtuelle Realität, Unfallprävention, Unfallforschung, Gefahrenkognition

### **1. Einleitung**

Hubladebühnen (bzw. Ladebordwände) erleichtern Beschäftigten das Laden von Lastkraftwagen (Lkw), da mit ihnen Güter entweder vom Aufbau eines Lkws auf ein anderes Niveau wie beispielsweise die Fahrbahn transportiert werden können oder da mit ihnen vom Aufbau hin zu einer Laderampe überbrückt werden kann (vgl. DIN EN 1756-1:2008). In der Vergangenheit kam es während Belade- und Entladevorgängen von Lkw mit Hubladebühnen gelegentlich zu Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen, für die unterschiedliche Ursachen diskutiert werden (z.B. BGHW 2010, 2014, HSE 2009). Einige der Stolperunfälle beziehen sich auf Höhenunterschiede zwischen Hubladebühnen und vor- bzw. nachgelagerten Transportwegen. Zu Rutschunfällen kam es u. a. durch Nässe und Schmutz auf den Hubladebühnen. Sturzunfälle ereigneten sich häufig als Folge von Stolpern und Rutschen oder dadurch, dass über die Ränder der Hubladebühne hinaus ins Leere getreten wurde. Bei manchen Ladevorgängen werden Güter auf Paletten oder Rollbehältern rückwärts aus dem Aufbau auf die Hubladebühne und von dort auf den weiteren Transportweg gezogen und umge-

kehrt vom Transportweg über die Hubladebühne in den Lkw-Aufbau gezogen. Durch unebene Übergänge auf dem Boden, die Räder der Transporteinheiten und ihren Schwerpunkt lassen sie sich leichter ziehen als schieben. Dadurch unterbleibt allerdings die vorausschauende Einsicht auf den Gehweg und Stolper-, Rutsch- und Sturzgefahren (vgl. Paridon 2005) können nicht direkt eingesehen werden.

Für eine systemanalytische Betrachtung von Unfällen sind vielfältige Informationen über das Arbeitssystem, das Zusammenwirken mehrerer Komponenten und auch im Zeitverlauf hilfreich (Monteau et al. 2000, Reason 1994, Leplat & Rasmussen 1984). Unfallanalysen sind anspruchsvoll, da sie retropektiv ausgerichtet sind, Unfallhergänge, Ereignisketten oder sogar Ursache-Wirkungsbeziehungen durch Informations- und Wissenslücken unvollständig bleiben und dann nur wenig darüber offenbaren können, was wann und wie unter spezifischen, meist aber unbekanntem Umständen geschehen ist. Für Unfalluntersuchungen sind somit aussagekräftige Sachinformationen, unterstützende Methoden und systematische Vorgehensweisen unentbehrlich. Erfahrungen aus ähnlichen Ereignissen sind für Untersuchungen ähnlich hilfreich wie gedankliches Durchspielen von plausiblen Abläufen sowie ausgeprägtes Vorstellungsvermögen und Offenheit der Inspektoren.

Die Sicherheits- und Unfallforschung kann durch Nutzung von Simulationstechniken wie z.B. virtuelle Realität (VR) unterstützt werden (Nickel & Nachreiner 2010). Es lassen sich Gestaltungs- oder Trainingsmaßnahmen entwickeln (Hale & Stanney 2015), aktuelle oder zukünftige Systemgestaltungen modellieren und beurteilen sowie tatsächliche oder potentielle Ereignisse nachstellen und analysieren (Mallet & Unger 2007). Die Auseinandersetzung der potentiell Betroffenen mit Gefährdungen und Risiken in interaktiven Schulungsszenarien in VR erlaubt es, mehr über seltene Ereignisse zu erfahren und Strategien zur Unfallverhütung aufzubauen (Hecker 2003, Liston et al. 2010). Bisher liegen allerdings kaum Erfahrungen darüber vor, ob und inwieweit man sich in Unfalluntersuchungen mit unterstützenden Methoden weitere Erkenntnisprozesse zunutze machen kann. Daher wurde das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) von der Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr) zunächst mit einer Machbarkeitsstudie beauftragt. Das Ziel bestand darin, ein mobiles und dynamisches Simulationsmodell eines Lkw mit Hubladewand zu entwickeln, mit dem einerseits verschiedene gefahrbringende Bedingungen variiert und andererseits potentielle Unfallgefahren simuliert werden können. Erfahrungen mit einem Simulationsmodell könnten in eine Weiterentwicklung für Arbeitsschutzaktivitäten einfließen.

## 2. Methode

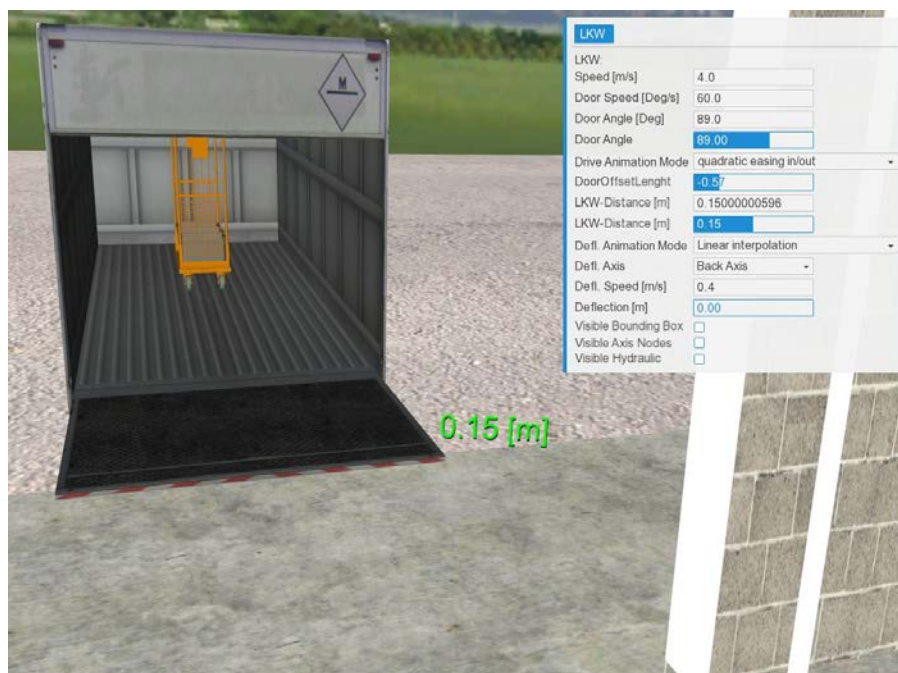
Für die Entwicklung ausreichend flexibler Simulationsszenarios wurden Informationen aus verschiedenen Quellen zusammengestellt. Mithilfe einer Literaturrecherche zum Unfallgeschehen mit Hubladebühnen sollten Hinweise über typische Arbeitsplätze und -tätigkeiten, Abläufe von Unfällen, Rahmenbedingungen zu Unfallhergängen und zu ergänzenden Arbeitsschutzanforderungen gewonnen werden (z.B. HSE 2009, BGHW 2010, 2014). Darüber hinaus konnte auf verschiedene Dokumentationen mit Text, Bild und Video zu Unfallanalysen zurückgegriffen werden. Die Simulationsszenarios sollten jedoch nicht nur unterschiedliche Gefährdungen simulieren, sondern durch Wahl unterschiedlicher Bedingungen (z.B. Eigenschaften einer Laderampe, eines Lkw und eines Ladevorgangs) Varianten potentieller Gefahrensituationen generieren.

Der Benutzer eines dynamischen Simulationsmodells könnte dadurch unterstützt werden, dass Ursache-Wirkungszusammenhänge zunächst generiert, nachvollzogen und dann aber auch auf Plausibilität überprüft werden. Dazu müssten einige der relevanten Zusammenhänge auch möglichst realitätsgenau abgebildet werden. Verändert sich etwa das Transportgewicht des Lkw beim Laden, muss die Hubladebühne im Fall der Überbrückung zu einer Rampe manuell oder automatisiert nachgeregelt werden, damit durch eine dann immer auf der Rampe aufliegende Hubladebühne Stolpergefahren vermieden werden können. Neben einer Höhenanpassung der Bühne könnte auch horizontales Nachregulieren wieder weiter über die Rampe erforderlich werden, so dass eine Lücke zwischen Bühne und Rampe vermieden wird. Ansonsten entstünden Stolpergefahren, die insbesondere beim Ziehen von Transportbehältern nicht direkt und vorausschauend eingesehen werden können.

Wird VR als Simulationstechnik genutzt, kann in die virtuellen dreidimensionalen Szenen eingetaucht und können Momente oder Abläufe aus verschiedenen Blickperspektiven beobachtet oder beliebig wiederholt werden. Die Realitätsnähe von Simulationen wird durch fotorealistische Darstellungen weniger beeinflusst als durch realitätsnahe Nachbildungen von Funktionszusammenhängen. Da es sich bei Simulationen immer um eine Reduktion von Realität handelt, lassen sich immer nur endliche Anzahlen von Funktionalitäten und Funktionszusammenhängen modellieren. In der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurden diese Festlegungen abhängig von der Verfügbarkeit erforderlicher Informationen getroffen.

### 3. Ergebnis

Als Simulationsszenario wurde eine dynamische virtuelle Arbeitsumgebung entwickelt, in der ein Lkw mit Hubladebühne rückwärts an eine Laderampe heranfahren und anschließend beladen oder entladen werden kann (vgl. Abb. 1).



**Abbildung 1:** Dynamisches VR-Modell eines Lkws mit Hubladebühne und Menü zur Steuerung von Funktionalitäten des Modells

Das Szenario entsteht aus einer mobilen und dynamischen Simulationsumgebung, in die man, abhängig vom Projektionsmedium (z. B. SUTAVE-Lab, SUTAVE-Mobil, SUTAVE-HMD; [www.dguv.de/ifa/sutave](http://www.dguv.de/ifa/sutave)), als Einzelperson oder Personengruppe virtuell eintauchen kann. Schallquellen können lokal verortet werden und in der dreidimensionalen Umgebung können Positionen und Blickrichtungen aus allen räumlichen Perspektiven eingenommen werden. Eigenbewegungen führen zu Bewegungen im virtuellen Szenario, sofern ein Bewegungstracking mit dem Projektionsmedium genutzt wird. Zusätzlich ist auch eine Platzierung und Bewegung der eigenen Position mithilfe von Eingabegeräten (z. B. Maus, Wii) integriert, um große Entfernungen bei geringem physikalischem Bewegungsraum zu überwinden. Während einer realitätsnahen Begehung des Szenarios als virtuelle Arbeitswelt können auch Messungen von Entfernungen und Abständen vorgenommen (z. B. Abstand der Hubladebühne von der Laderampe) und Arbeitsprozesse (z. B. Entladen des Lkw) beobachtet werden, jeweils abhängig davon welche Auswahl an Funktionalitäten auf einer Benutzungsschnittstelle, die in das Simulationsmodell eingeblendet werden kann, getroffen wird:

- Wahlweise Bewegungen von Komponenten im Szenario (z. B. Räder, Federung, Antriebswelle, Hubladebühne, Transportbehälter) in Echtzeit, Zeitlupe oder definierter Geschwindigkeit
- Wahlweise Entladevorgang automatisiert ablaufen lassen
- Wahlweise Öffnungswinkel der Hubladebühne vorwählen (ggf. automatisiert öffnen) oder Hubladebühne bis auf die Laderampe öffnen
- manuelles und automatisiertes Nachregeln der Höhe der Hubladebühne während Ladevorgängen
- Wahlweise Abstand des Lkw zur Laderampe und Überlappung der Hubladebühne über der Laderampe vorgeben
- Wahlweise alarmieren, wenn Hubladebühne nicht mehr auf Laderampe aufliegt oder ein Mindestmaß der Überlappung unterschritten wird
- Wahlweise Bewegungen und gewichtete Zusammenhänge der Vorder- und Hinterachse während Ladevorgängen darstellen
- Wahlweise gebremste Vorder- oder Hinterräder oder beide Achsen aktivieren
- Wahlweise gefederte Vorder- oder Hinterachse oder beide Achsen in Kombination mit Aufbau während Ladevorgängen regeln
- Wahlweise Ladevorgang mit Transportbehältern simulieren und ggf. mögliche horizontale Verschiebungen des Lkw-Aufbaues beim Laden des Lkw mit Luftfederung zum Niveau-Ausgleich anzeigen (vgl. Abb. 2)
- Wahlweise dynamische Simulation starten, pausieren oder stoppen und ausgewählte Positionen dokumentieren
- Wahlweise wiederholen einer automatisierten Bewegungssequenz im Szenario, ggf. mit unterschiedlichen Kombinationen von Funktionalitäten
- Wahlweise Bilder oder Videos von Bewegungsabläufen eines Abschnittes der dynamischen Simulation aufzeichnen

Eine Projektion des Simulationsmodells im Maßstab 1:1 (z.B. auf einer Leinwand) erlaubt mehreren Personen, das Szenario gemeinsam zu begehen und führt spontan zu einem angeregten, intensiven und fokussierten Informationsaustausch über beobachtete Vorgänge, mögliche Ursachen und Wirkungen. Da die Parameter für alle Lkw-Komponenten auch über die Grenzen eines echten Lkw hinweg eingestellt werden konnten, ließen sich Bewegungszusammenhänge von Lkw-Komponenten (über-

trieben) verstärken. Dadurch lassen sich zwar mögliche Funktionszusammenhänge offensichtlicher erkennen, es führt aber von einer realitätsnahen Simulation weg, der weniger Vertrauen geschenkt wird. Das Simulationsszenario eignet sich daher einerseits zur Veranschaulichung von Arbeitsprozessen und möglichen Funktionszusammenhängen und dient andererseits Diskussionen zu Funktionszusammenhängen und Plausibilitätsbetrachtungen. Darüber hinaus steht das virtuelle Szenario als Anwendungsprogramm zur Verfügung, das auch als zweidimensionale Darstellung auf Bildschirmen (vgl. Abb. 1 und 2) als Filmsequenz gezeigt oder als dynamische Simulation über die Benutzungsschnittstelle gesteuert werden kann.



**Abbildung 2:** *Dynamisches VR-Modell des Lkws mit verschobener Hubladebühne nach Entladevorgang*

#### 4. Diskussion

Als Ergebnis dieser Machbarkeitsstudie konnte ein mobiles und dynamisches virtuelles Simulationsszenario eines Lkw mit Hubladebühne während Ladevorgängen entwickelt werden, das auf verschiedenen Medien dargestellt werden kann. Mithilfe des Modells können einige Stolper-, Rutsch- und Sturzgefahren illustriert werden, wobei potentiell gefahrbringende oder beeinflussende Bedingungen in großer Auswahl über eine Benutzungsschnittstelle variiert werden können. Ein besonderer Wert des Simulationsmodells kann darin gesehen werden, dass sich mit wenig Aufwand viele Funktionalitäten in Kombinationen nachstellen lassen, wofür in Realität ein relativ unangemessen hoher zeitlicher und finanzieller Aufwand erforderlich wäre.

Da es sich bei der Modellierung und Simulation mithilfe von VR, wie bei jeder anderen Simulation, um eine Reduktion der Realität handelt (Nickel & Nachreiner 2010), ist neben der Visualisierung auch immer eine Plausibilitätsbetrachtung einzelner oder kombinierter Funktionalitäten erforderlich. Insofern kann es im Rahmen von Unfalluntersuchungen die Expertise von erfahrenen Inspektoren nicht ersetzen, allerdings gemeinsame Diskussionen zu möglichen Unfallhergängen oder sogar potentiellen Ursachen anregen. Die Nutzung desselben Simulationsszenarios erscheint allerdings nicht für alle Anwender (z.B. Arbeitsschutzexperten, Hersteller, Betreiber, Fahrer) oder alle Einsatzzwecke (z.B. Unterstützung von Unfalluntersuchungen oder Arbeitsschutzbeurteilungen, Unterweisungen, Schulungen) immer gleichermaßen geeignet und bedarf jeweils spezifischer Anpassungen.

## 5. Literatur

- BGHW (2010). Be- und Entladen von Fahrzeugen – sicherer Einsatz von Hubladebühnen (SP 14). Mannheim: Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW).
- BGHW (2014). Arbeiten auf Laderampen (BGHW-Kompakt M5). Mannheim: Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW).
- DIN EN 1756-1 (2008). Hubladebühnen – Plattformlifte für die Anbringung an Radfahrzeugen – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Hubladebühnen für Güter (Ausgabe 08/2008). Berlin: Beuth.
- Hale KS, Stanney KM (2015) Handbook of virtual environments. Boca Raton: CRC Press.
- Hecker S (2003) Introduction and overview (in Education and Training, chapter 18 of the Management and Policy section). In: ILO (Ed) Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Geneva: ILO.
- HSE (2009). Preventing falls and falling loads from tail lifts. London: Society of Operations Engineers.
- Leplat J, Rasmussen J (1984) Analysis of human errors in industrial incidents and accidents for improvement of work safety. *Accident Analysis & Prevention* 16 (2), 77-88.
- Liston P, Cromie S, Leva C, Helin K, D'Cruz M (2010) ManuVAR training: Supporting the implementation and design of VR/AR quality-improvement tools for manual handling. In: Salvendy G, Karwowski W (Eds) *Advances in Occupational, Social, and Organizational Ergonomics*. Boca Raton: CRC Press, 653-663.
- Mallet L, Unger R (2007) Virtual reality in mine training. In: SME Annual Meeting and Exhibition 2007 "The Power of Mining: Energy's Influence", Feb 25-28, 2007, Denver, USA. Littleton: Society for Mining, Metallurgy & Exploration, 185-188.
- Monteau M, Pham D, Davillerd C, Wenninger G (2000) Unfall- und Sicherheitspsychologie. In: Asanger R, Wenninger G (Hrsg) *Handwörterbuch Psychologie*. Weinheim: Beltz PVU, 812-817.
- Nickel P (2016) Extending the effective range of prevention through design by OSH applications in virtual reality. *Lecture Notes in Computer Science* 9752, 325-336.
- Nickel P & Nachreiner F (2010) Evaluation arbeitspsychologischer Interventionsmaßnahmen. In: Kleinbeck U, Schmidt K (Hrsg) *Arbeitspsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, D, III, 1)*. Göttingen: Hogrefe, 1003-1038.
- Paridon H (2005) Entstehung von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen (BGAG Report 1/2005). Sankt Augustin: HVBG.
- Reason J (1994) *Menschliches Versagen: Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

**ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T**  
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für  
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

---

**GfA Press**

---

**Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018**

**FOM Hochschule für Oekonomie & Management**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

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.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**USB-Print:**

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, [thomas.heupel@fom.de](mailto:thomas.heupel@fom.de)

**Screen design und Umsetzung**

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)