

Fachbereich AKTUELL

FBHL-019

Einsatz von Simulationssystemen zur Qualifizierung der Bediener/innen ausgewählter mobiler Arbeitsmittel

Sachgebiet Intralogistik und Handel
 Stand: 01.09.2021

Nachdem die Ausbildung mit Simulatoren beispielsweise in der Luftfahrt schon lange eine bewährte Methode zur Qualifizierung von Pilotinnen und Piloten ist, hält diese Form der Qualifizierung nun auch Einzug in weitere industrielle Arbeitsfelder. So werden Simulationssysteme u. a. in der Qualifizierung der Bedienerinnen und Bediener von Flurförderzeugen, Hubarbeitsbühnen, Teleskopstaplern oder Kranen eingesetzt. Die vorliegende Schrift gibt Hinweise darauf, welche Teile der „klassischen“ Qualifizierung durch Simulator-Trainings ergänzt oder ersetzt werden können. Dazu werden qualitative Merkmale von Simulationssystemen und deren Auswirkungen auf den möglichen Trainingseinsatz erläutert.

Vor dem Hintergrund, dass bei rund 75% aller meldepflichtigen Arbeitsunfälle fehlerhaftes Verhalten eine Mitursache für den Unfall ist [1] [2], kann der Stellenwert einer angemessenen Qualifizierung nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Diese Fachbereich AKTUELL bezieht sich ausschließlich auf die Qualifizierung für die Bedienung von mobilen Arbeitsmitteln, für die ein DGUV Grundsatz besteht, also auf Flurförderzeuge, Hubarbeitsbühnen, Teleskopstapler und Krane. Unter dem Begriff Kran werden in dieser Schrift sowohl die ortsveränderlichen als auch die ortsfesten Typen behandelt – auch wenn ein ortsfester Kran per se kein mobiles Arbeitsmittel ist.

Inhaltsverzeichnis

1	Rechtliche Grundlagen	2
2	Technologieüberblick	3
2.1	Wozu Simulation? Wo liegen die Vor- und Nachteile?	3
2.2	Was versteht man unter Simulationssystemen?	3
3	Gütekriterien für Simulationssysteme	3
3.1	Didaktisches Kriterium	4
3.2	Technisches Kriterium	5
3.3	Praxisbeispiele	6
4	Gütekriterien für Simulationssysteme	7
4.1	Einsatz in der praktischen Übungsphase der Qualifizierung	7
4.2	Einsatz in der praktischen Prüfungsphase der Qualifizierung	7
4.3	Besondere Festlegungen für Fahrzeugkrane	7
5	Zusammenfassung	7

1 Rechtliche Grundlagen

Gemäß der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) bzw. der dazugehörigen Technischen Regel TRBS 2111-1 hat der Arbeitgeber Festlegungen zu treffen (z.B. Beauftragung und Qualifizierung), damit Gefährdungen durch unzureichende Eignung und Qualifikation seiner Beschäftigten bei der Verwendung mobiler Arbeitsmittel reduziert werden. Im Regelwerk zur BetrSichV werden jedoch keine Anforderungen an eine ausreichende Qualifizierung als Voraussetzung für die Beauftragung von Beschäftigten beschrieben. Die entsprechenden Festlegungen muss der Unternehmer in eigener Verantwortung treffen.

Das Vorschriften- und Regelwerk der Unfallversicherungsträger gibt dem Unternehmer Anforderungen vor, die bei der Beauftragung zu berücksichtigen sind (Tabelle 1, Spalte 2). Für ausgewählte Arbeitsmittel existieren zudem DGUV Grundsätze, die bewährte Maßstäbe bezüglich Inhalt und Dauer der Qualifizierung zusammenfassen (Tabelle 1, Spalte 3). Demnach kann der Unternehmer von einer ausreichenden Befähigung seiner Beschäftigten ausgehen, wenn der in den Grundsätzen festgelegte inhaltliche und zeitliche Rahmen eingehalten wird. Existiert für den Einsatz eines mobilen Arbeitsmittels kein spezieller DGUV Grundsatz (z.B. Führen eines LKW bzw. PKW, Führen einer Erdbaumaschine, usw.), müssen die Qualifizierungsanforderungen durch den Unternehmer festgelegt werden. Wenn der Einsatz eines mobilen Arbeitsmittels im öffentlichen Straßenverkehr geplant ist, sind zusätzlich die Bestimmungen des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) und der dazugehörigen Verordnungen (StVO, StVZO, FeV, FZV) zu berücksichtigen.

Mobiles Arbeitsmittel	Anforderungen zur Beauftragung (Alter, geeignet, befähigt, ...)	Anforderungen zur Qualifizierung (Inhalt und Dauer)
Flurförderzeuge	§ 7 DGUV Vorschrift 68	DGUV Grundsatz 308-001
Fahrbare Hubarbeitsbühnen	Kapitel 2.10 DGUV Regel 100-500	DGUV Grundsatz 308-008
Teleskopstapler	§ 7 DGUV Vorschrift 68	DGUV Grundsatz 308-009
Krane	§ 29 DGUV Vorschrift 52	DGUV Grundsatz 309-003
Fahrzeuge (PKW, LKW, ...)	§ 35 DGUV Vorschrift 70	-
Erdbaumaschinen	Kapitel 2.12 DGUV Regel 100-500	-

Tabelle 1 – Voraussetzungen für das Betreiben ausgewählter Arbeitsmittel

Die genannten Grundsätze sehen eine theoretische und praktische Ausbildung sowie eine Prüfung in Theorie und Praxis vor (siehe Tabelle 2). Sobald bei den Praxisanteilen Simulationssysteme zum Einsatz kommen, sind die Ausführungen in Abschnitt 4 dieser Fachbereich AKTUELL zu beachten.

DGUV Grundsatz	Ausbildung (Theorie und Praxis)			Prüfung (Theorie)	Prüfung (Praxis)
308-001	Stufe 1: Allgemein (2-3 Tage)	Stufe 2: Zusatz	Stufe 3: Betrieblich	Stufe 1: ~ 50 Fragen (max. 45 min)	Stufe 1: Fahrt (15-20 min)
308-008	Theorie und Praxis (in Summe mindestens 1 Tag)			~ 25 Fragen (Dauer egal)	Fahrt (Dauer egal)
308-009	Stufe 1: Allgemein (2 Tage)	Stufe 2a: Drehbarer Oberwagen (1 Tag)	Stufe 2b: Hubarbeitsbühne (1 Tag)	Stufe 3: Betrieblich	Stufe 1: ~ 25 Fragen (max. 45 min) Stufe 1: Fahrt (60 min)
309-003	Theorie und Praxis (zwischen 1 und 20 Tage, je nach Kranart)			Zutreffend (nicht näher spezifiziert)	Zutreffend (nicht näher spezifiziert)

Tabelle 2 – Ausgewählter Inhalt der DGUV Grundsätze

2 Technologieüberblick

2.1 Wozu Simulation? Wo liegen die Vor- und Nachteile?

In der Simulation werden reale Prozesse durch Modelle ersetzt, um Untersuchungen oder Übungen durchzuführen, die wiederum Erkenntnisse zum realen System erlauben. Die Gründe für den Einsatz von Simulationstechniken sind vielfältig und hängen vom konkreten Anwendungsfall ab. Im Fall der Bedienerqualifizierung sind zum Beispiel die Möglichkeit des gefahrlosen Übens potentiell gefährlicher Arbeitsschritte, die zeitliche und die örtliche Flexibilität der Qualifizierungsmaßnahme oder der Zugang zu neuen didaktischen Ansätzen (siehe Abschnitt 3.1) zu nennen.

Trotz der vielen Vorteile darf nicht vergessen werden, dass jede Simulation weniger Informationen als die Realität beinhaltet und daher weniger genau ist. Eine Simulation kann die Realität nie vollständig ersetzen.

2.2 Was versteht man unter Simulationssystemen?

Wenn wie bei der Bedienerqualifizierung der Mensch in den Simulationsprozess eingebunden wird, erfolgt die Umsetzung der Übung mithilfe eines Simulationssystems. Ein Simulator realisiert das zu Grunde liegende Simulationsmodell und stellt die Schnittstelle in der Mensch-Technik-Interaktion dar, indem er den Benutzerinnen und Benutzern Eingaben ermöglicht (Lenken, Beschleunigen, Bremsen, Anbaugeräte ansteuern, usw.) und ihnen gleichzeitig visuelles, akustisches, haptisches und/oder physisches Feedback erteilt (siehe Abbildung 1).

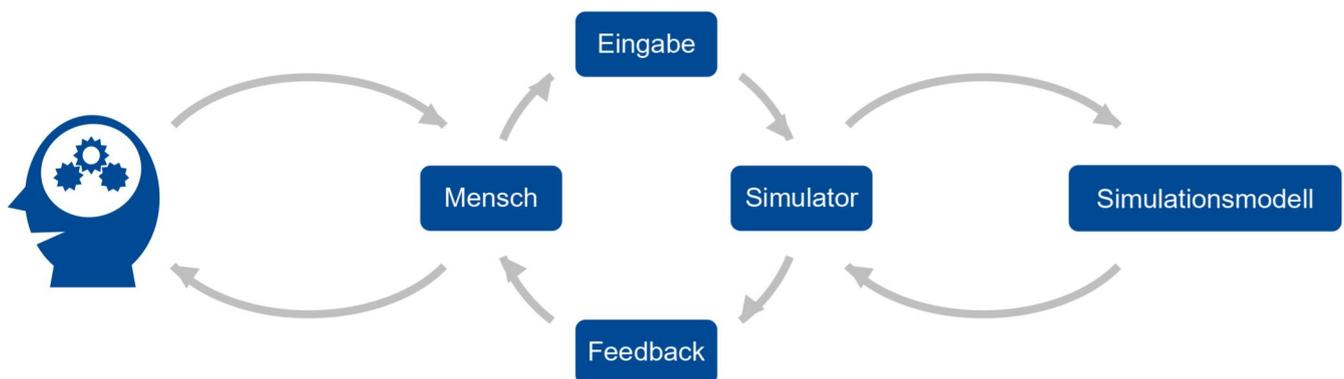


Abbildung 1 – Prinzip eines Simulationssystems in der Qualifizierung von Bedienerinnen und Bedienern

3 Gütekriterien für Simulationssysteme

Die Güte eines Simulationssystems hängt von zwei übergeordneten Kriterien ab, dem didaktischen und dem technischen Kriterium. Beide zusammen geben Auskunft über die Güte eines Simulationssystems (siehe Abbildung 2).

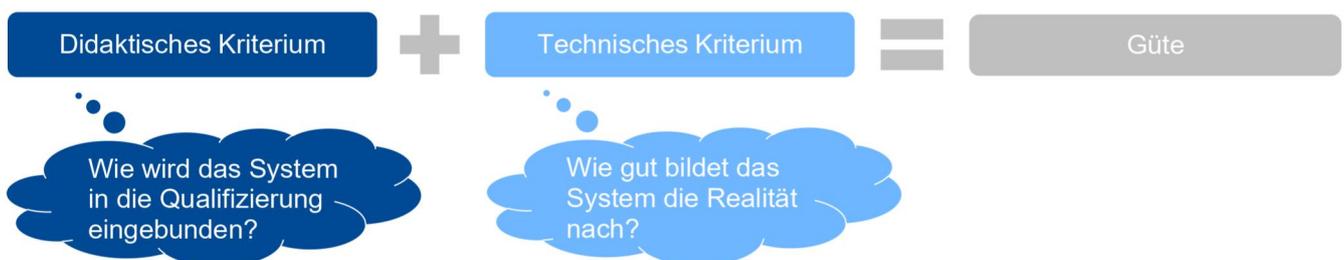


Abbildung 2 – Didaktisches und technisches Kriterium bestimmen die Güte eines Simulationssystems.

3.1 Didaktisches Kriterium

Bei der Vermittlung von Lerninhalten mittels Simulatoren sind zwei grundlegende Ansätze zu unterscheiden: „simulatives“ und „situativ-entdeckendes“ Training. Durch situativ-entdeckende Konzepte können die größeren Lernerfolge erzielt werden.

Simulatives Training

Im simulativen Training geht es vordergründig darum, den Beschäftigten im Sinne eines technisch-orientierten Arbeitsschutzgedankens die funktional korrekte Bedienung eines bestimmten Arbeitsmittels näher zu bringen und vorgegebene Arbeitsschritte einzuüben [3]. Derartige Ansätze erfordern auf der Seite des technischen Kriteriums oft eine möglichst detailgetreue Nachempfindung des realen Arbeitsmittels. Der Großteil der heute verfügbaren Simulationssysteme basiert auf diesem Konzept.

Situativ-entdeckendes Training

Situativ-entdeckendes Training hingegen knüpft am verhaltensorientierten Arbeitsschutz an, indem es zusätzlich zum bloßen Einüben bestimmter Arbeitsschritte die spezifische Einsatzsituation bzw. das darzustellende Arbeitsumfeld in die Simulation einbezieht und somit eine realistische Mensch-System-Interaktion ermöglicht. Dadurch wird dem Nutzer bei seinem Handeln eine permanente Beurteilung der Situation abverlangt. Das Ziel dieser Trainingsart liegt in der Reflexion, bei der sich der Nutzer seines Lernerfolgs bewusst wird. In einem weiteren Schritt können die gewonnenen Erkenntnisse auf ähnliche Situationen (z. B. die Situation im eigenen Betrieb) übertragen werden [3].

Reflexion beim situativ-entdeckenden Training [3]

In einem Simulationsszenario kommt es beim Einsatz eines Gegengewichtstaplers im Lagerbereich zu einem Beinahe-Zusammenstoß mit einem Radfahrer. Die anschließende Reflexion über den Beinahe-Unfall gemeinsam mit dem Prüfer kann durch folgende Fragen begleitet werden:

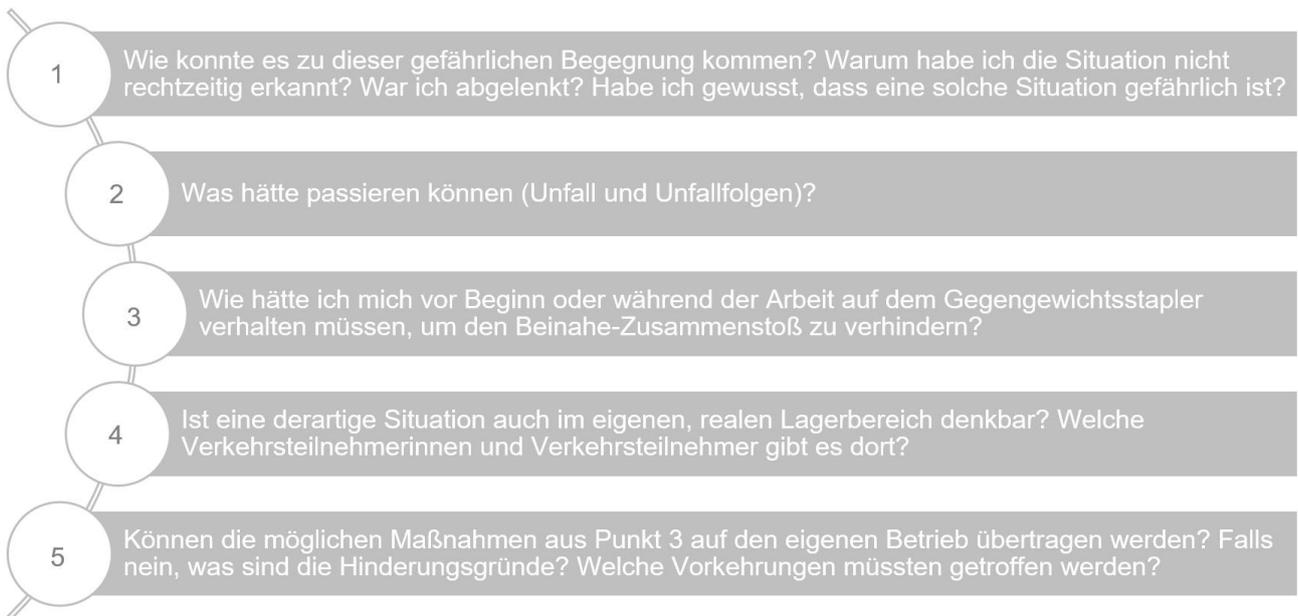


Abbildung 3 – Beispielhafter Ablauf der Reflexion beim situativ-entdeckenden Training

3.2 Technisches Kriterium

Das technische Kriterium zielt auf die Qualität der Nachbildung des realen Systems ab. Dabei sind der Umsetzung der erforderlichen Elemente (visuelles, akustisches und physisches Feedback / Eingabe / Simulationsmodell) kaum Grenzen gesetzt. Exemplarisch sind in der nachfolgenden Tabelle 3 einige Lösungsmöglichkeiten nach dem Ampelprinzip aufgeführt (grün: realitätsnah, rot: realitätsfern).

#	Teil-Element	Beschreibung / mögliche Umsetzung
1	Realistische Anzeige (visuelles Feedback)	Einfach-Monitor-System (mit oder ohne Tracking)
		Mehrfach-Monitor-System (ohne Tracking)
		Mehrfach-Monitor-System (mit Tracking)
		2-Seiten-Cave (mit Tracking)
		3-Seiten-Cave (mit Tracking)
		4-Seiten-Cave (mit Tracking)
		5-Seiten-Cave (mit Tracking)
		gebogene Wand / Kuppel (mit Tracking)
		VR-Brille (mit Tracking)
2	Realistisches Audiosystem (akustisches Feedback)	kein Ton
		Ton ungekoppelt an Modellparameter ("Rauschen")
		Ton gekoppelt an Modellparameter
3	Realistisches Bewegungssystem (physisches Feedback)	0 Freiheitsgrade (starr)
		1 Freiheitsgrad (in der Regel vertikal)
		2 Freiheitsgrade
		3 Freiheitsgrade
		4 Freiheitsgrade
		5 Freiheitsgrade
6 Freiheitsgrade		
4	Realistischer Aufbau / Bedienplatz (physische Eingabe)	kein Aufbau
		vereinfachter Nachbau (Mockup)
		originalgetreue Nachbildung
5	Realistisches Simulationsmodell	- Keine Echtzeit-Simulation - Geringe Qualität des kinematischen Modells - Objekte verhalten sich bei Kontakt nicht realistisch / keine Kontaktdefinition - Geringe Qualität der graphischen Modellierung - Keine Simulation des Bodens
		- Echtzeit-Simulation - Mittlere Qualität des kinematischen Modells - Objekte verhalten sich bei Kontakt annähernd realistisch - Mittlere Qualität der graphischen Modellierung - Vereinfachte Simulation des Bodens
		- Echtzeit-Simulation - Hohe Qualität des kinematischen Modells (Fahrodynamik, Lenkung, Vibration) - Objekte verhalten sich bei Kontakt realistisch (z.B. Anstoßen an Wände) - Hohe Qualität der graphischen Modellierung (detaillierte Darstellung) - Realistische Simulation des Bodens - Optional: Realistische Simulation von Windstößen

Tabelle 3 – Mögliche technische Umsetzung der Teil-Elemente

Hinweis: Im Hinblick auf die durchzuführende Bewertung der technischen Umsetzung empfiehlt es sich, die Farbskala in ein Punktesystem zu überführen. Ebenso sollte eine Wichtung der Teilelemente vorgenommen werden. So ist ein realitätsnahes Simulationsmodell in vielen Anwendungsfällen wichtiger als ein realistisches Audiosystem. Um die entsprechenden Wichtungsfaktoren möglichst objektiv und nicht willkürlich festzulegen, sollte eine definierte Methodik (z. B. paarweiser Vergleich) angewandt werden.

3.3 Praxisbeispiele

Abbildung 4 zeigt einen realitätsnahen Simulator, der alle Hubarbeitsbühnenkategorien im Normenkreis der DIN EN 280 abdeckt und situativ-entdeckend eingesetzt wird. In diesem Fall (hohe Güte) können praktische Anteile der Qualifizierung gemäß DGUV Grundsatz 308-008 mit dem Simulationssystem durchgeführt werden.

#	Element	Umsetzung
1	Anzeige (Sehen)	VR-Brille mit Trackingkamera
2	Audiosystem (Hören)	Ton gekoppelt an Modell (Headset mit VR-Brille verbunden)
3	Bewegungssystem (Fühlen)	3 Freiheitsgrade (Nicken, Wanken, Heben)
4	Aufbau / Bedienplatz (Eingeben)	Vereinfachter Nachbau
5	Simulationsmodell	Komplexes Modell

Abbildung 4 – Beispiel eines Simulationssystems für eine fahrbare Hubarbeitsbühne

Abbildung 5 zeigt einen eher realitätsfernen, stark vereinfachten Gabelstapler-Simulator, der rein simulativ eingesetzt wird. Die praktischen Anteile der Qualifizierung gemäß DGUV Grundsatz 308-001 sind in derartigen Konstellationen (geringe Güte) weiterhin mit einem realen Gabelstapler durchzuführen. Das Simulationssystem kann zusätzlich unterstützen, aber keine Qualifizierungsinhalte ersetzen.

#	Element	Umsetzung
1	Anzeige (Sehen)	Einfach-Monitor
2	Audiosystem (Hören)	Kein Ton
3	Bewegungssystem (Fühlen)	0 Freiheitsgrade
4	Aufbau / Bedienplatz (Eingeben)	Vereinfachter Nachbau
5	Simulationsmodell	Simplees Modell

Abbildung 5 – Beispiel eines Simulationssystems für einen Gabelstapler

4 Gütekriterien für Simulationssysteme

Wenn Simulatoren praktische Anteile der Bedienerqualifizierung ersetzen sollen, sind die folgenden Bestimmungen in den Abschnitten 4.1, 4.2 und 4.3 zu beachten. Sobald Simulatoren nur ergänzend eingesetzt werden, die realen Praxisteile also nicht ersetzt werden, gelten keine Beschränkungen.

4.1 Einsatz in der praktischen Übungsphase der Qualifizierung

Die große Bandbreite der verfügbaren Simulationssysteme reicht von sehr gut geeigneten bis hin zu eher wenig geeigneten Lösungen für den Einsatz in der Qualifizierung von Bedienerinnen und Bedienern ausgewählter mobiler Arbeitsmittel. Mithilfe der in Abschnitt 3 genannten Gütekriterien kann eine Bewertung vorgenommen werden, um die Güte eines Simulationssystems zu bestimmen. In Abhängigkeit der ermittelten Güte ist festzulegen, wie groß der Anteil an simulierter bzw. realer Praxis in der Übungsphase sein soll (siehe Abbildung 6). Eine fachkundige Festlegung bedingt die Einbindung einer erfahrenen Ausbilderin oder eines erfahrenen Ausbilders für das entsprechende Arbeitsmittel. Für die Anteile realer Praxis müssen die jeweiligen mobilen Arbeitsmittel bereitstehen.



Abbildung 6 – Schieberegler-Modell

4.2 Einsatz in der praktischen Prüfungsphase der Qualifizierung

Zum Einsatz von Simulationssystemen im praktischen Prüfungsteil der Qualifizierung kann aktuell keine generelle Aussage getroffen werden. Dieses Szenario lässt sich aufgrund der Neuheit der Technologie und der fehlenden Erfahrungswerte (noch) nicht in das geltende Vorschriften- und Regelwerk einordnen. In einzelnen Bereichen hat sich die Simulator-Technik bereits so weit entwickelt, dass die praktische Prüfung auf dem Simulationssystem stattfinden kann.

4.3 Besondere Festlegungen für Fahrzeugkrane

Simulationssysteme können bei der Qualifizierung von Kranführerinnen und Kranführern für Fahrzeugkrane momentan ausschließlich zu ergänzenden Übungszwecken eingesetzt werden. Sie können die realen Praxisteile des DGUV Grundsatzes 309-003 nicht ersetzen.

Fahrzeugkrane sind für viele Rüstzustände konzipiert, zum Beispiel Kombination von Bauteilen, verschiedenen Gegengewichten, Auslegerlängen, Abstützungen, Stützträgerstellungen, Einscherungen und Ähnlichem. Eine Überwachung, ob der vorgewählte Rüstzustand mit dem tatsächlichen Rüstzustand übereinstimmt (automatische Plausibilitätsprüfung), erfolgt in der Regel nicht durch die Kransteuerung, sondern durch den Kranführer oder die Kranführerin vor Ort.

Der Rüstzustand eines Fahrzeugkranes hat daher direkte Auswirkungen auf die Tragfähigkeit und die erforderliche Einstellung der Überlastsicherung. Damit verbunden ergeben sich Auswirkungen auf die Standsicherheit des Fahrzeugkranes.

5 Zusammenfassung

Durch den Einsatz von Simulationssystemen kann sich im Sinne eines verhaltensorientierten Arbeitsschutzes ein echter Mehrwert an Qualität in der Bedienerqualifizierung ergeben, sofern die zu Grunde liegende Technologie sowohl technische als auch didaktische Kriterien hinreichend berücksichtigt. Zum aktuellen Zeitpunkt wird der Einsatz von Simulationssystemen noch nicht für Prüfungsabschnitte in der Qualifizierung empfohlen.

Literaturverzeichnis

- [1] Müller, E.-Werner: Unfallrisiko Nr. 1: Verhalten – So vermeiden Sie verhaltensbedingte Unfälle, 1. Auflage, ecomed SICHERHEIT, 2012
- [2] Bördlein, Christoph: Verhaltensorientierte Arbeitssicherheit – Behavior Based Safety (BBS), 2. Auflage, Erich Schmidt Verlag, 2015
- [3] Plonsker, Thomas: Aus- und Weiterbildung – Lernen in und mit virtuellen Welten, In: DGUV Forum 4/2019, S. 36 f.
-

Bildnachweis

Die gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

- Abbildung 1 – M. Weis, BGHW
Abbildung 2 – M. Weis, BGHW
Abbildung 3 – M. Weis, BGHW
Abbildung 4 – AST GmbH, Blaustein
Abbildung 5 – DGUV
Abbildung 6 – M. Weis, BGHW
-

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Intralogistik und Handel“
im Fachbereich „Handel und Logistik“
der DGUV www.dguv.de Webcode: d927103

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Handel und Logistik ist die Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.

An der Erarbeitung dieser Fachbereich AKTUELL haben mitgewirkt:

- Berufsgenossenschaften: BG ETEM, BGHW, BGHM, BGN, BG Verkehr
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- Unternehmen aus der freien Wirtschaft (AST GmbH, avs SYSTEM LIFT AG, plonsker media GmbH)