

Systematische Entwicklung eines Qualifizierungsmoduls zur Risikobeurteilung unter Einsatz von virtueller Realität

Katrin GOMOLL¹, Peter NICKEL¹, Stephan HUIS²

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

² *Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe
Dynamostraße 7-11, D-68165 Mannheim*

Kurzfassung: Risikobeurteilungen nach der Maschinenverordnung sind nicht nur für Hersteller von Maschinen, sondern auch für Betreiber relevant. Sind Risikobeurteilungen Seminarinhalt, dann sollten nicht nur Fachwissen und Regeln, sondern auch Fertigkeiten und erste Erfahrungen vermittelt werden. Für letzteres wird ein Qualifizierungsmodul eines bestehenden Schulungskonzepts zur Risikobeurteilung durch den Einsatz von virtueller Realität (VR) unterstützt. Das Forschungsprojekt orientiert sich am Human Factors-Konzept zur strukturierten VR-Entwicklung (SDVE). Bisherige Ergebnisse umfassen die Prozessstufen Projektbeschreibung, Anforderungsanalysen, Spezifikationen, Konzeptdesign und VR-Entwicklung/-Programmierung. Die ausstehende Integration und Evaluation werden diskutiert.

Schlüsselwörter: Risikobeurteilung, Training, Human Factors, Strukturierte Entwicklung, Virtuelle Realität, Maschinensicherheit

1. Einführung

Bevor Maschinen in der EU in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden, sollen Risikobeurteilungen gewährleisten, dass Maschinen den in der EU geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen entsprechen. Der iterative Prozess einer Risikobeurteilung bezieht sich auf alle Nutzungsszenarien von Maschinen entlang ihres Lebenszyklus (MaschinenV 2011). Auf eine Identifizierung und Bewertung von Gefährdungen und Risiken folgen Maßnahmen der Risikominderung. Werden Maschinen in Produktionsprozessen verändert oder verkettet, ist die Durchführung von Risikobeurteilungen für Maschinenbetreiber relevant. Die Anforderungen z. B. zu Ergonomie, Mensch-System-Interaktion, Sicherheitsabständen und Maschinenzugängen (z. B. DIN EN ISO 6385, DIN EN ISO 12100, Kantowitz & Sorkin 1983) stellen eine besondere Herausforderung dar. Neben Kenntnissen über die Maßnahmenhierarchie und geeignete Schutzmaßnahmen ist Erfahrung in der professionellen Durchführung und Dokumentation von Risikobeurteilungen erforderlich (Nickel et al. 2019).

Die Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN) unterstützt Unternehmen bei der Risikobeurteilung durch Beratung sowie Schulung und Training. In Seminaren wird vermittelt, warum, wann und wie wer Risikobeurteilungen durchführen und dokumentieren muss. Dabei sollen praxisnahe Arbeitssituationen den Erwerb von prozeduralem Wissen ermöglichen.

Virtuelle Realität (VR) wurde bereits oft eingesetzt, wenn Arbeitsszenarien wegen

Kosten oder Risiken in der Realität nicht untersucht werden können (Cobb et al. 2008, Nickel & Gomoll 2018). Die Gestaltung von virtuellen Umgebungen (VE) ist dann erfolgreich, wenn sie die menschliche Informationsverarbeitung zielgerichtet und begründet unterstützen (Stanney & Hale 2015). So führten mit VE unterstützte Arbeitsschutzbeurteilungen zu einer erhöhten Qualität und Quantität identifizierter Gefährdungen als beim Einsatz von Foto und Video (Perlman et al. 2013). Neben der inhaltlichen Relevanz und Signifikanz der Informationen war ein höheres Präsenzepfinden in der VE zielführend (Perlman et al. 2013, Moreno & Meyer 2002). Mensch-System Interaktionen in VE können im Training auch motivieren und während Trainingsaktivitäten die Lernzielbewertungen erleichtern (Winn 2002, Rothbaum & Hodges 1999). Um die Potenziale virtueller Lernumgebungen auszuschöpfen, sind neben einem an ergonomischen Prinzipien und Anforderungen ausgerichteten Gestaltungsprozess auch psychologische Konzepte wie Präsenz und Immersion in 3D-Visualisierungen sowie ein darauf abgestimmtes Instruktionsdesign zu berücksichtigen (D’Cruz 1999).

Um zu untersuchen, ob und wie VR eine Risikobeurteilung im gegebenen Seminarkontext unterstützen kann, hat die BGN ein Forschungsprojekt initiiert, in dem das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) ein VR-gestütztes Qualifizierungsmodul für Risikobeurteilungen neu gestaltet und evaluiert.

2. Methoden

In enger Zusammenarbeit mit der BGN integriert das Sachgebiet Mensch-System-Interaktion des IFA eine VE in ein bestehendes Seminar der BGN und orientierte sich dabei am Human Factors-Konzept zur strukturierten Entwicklung eines VE (SDVE, Eastgate et al. 2015). Als Teil der Projektgruppe entwickelten Studenten der Hochschule Koblenz mit der VR-Software Unity (Unity Technologies ApS, USA) nach Ergebnissen aus ersten Phasen des SDVE ein interaktives und dynamisches VR-Modell.

SDVE beinhaltet u. a. eine Trainingsanforderungsanalyse sowie die Gestaltung, Entwicklung und Evaluation von Lernprozessen als Phasen des Instruktionsdesigns (D’Cruz 1999). Der iterative Gestaltungsprozess beinhaltet Rückkopplungsschleifen, formative und summative Evaluationen und ermöglicht dadurch die Verfeinerung des Designs. So kann ein VE für eine Trainingsaufgabe (top-down) konzipiert werden und Lernprozesse effektiv unterstützen. Gleichzeitig werden Anforderungen erfüllt (bottom-up), die sich z. B. auf das Leistungsverhalten im Training beziehen. SDVE ist ein schrittweiser Prozess (siehe Auflistung) mit Kontextelementen (siehe unten in Klammern) und stützt sich auf verschiedene Methoden zur Informationsermittlung:

- Projektdefinition (Projektbeschreibung, Stakeholder, Prioritäten, Grenzen) durch Analyse der Trainingsanforderungen und Interviews
- Anforderungsanalyse (Nutzeranalyse, Aufgabenanalyse) mit hierarchischer Aufgabenanalyse, Analysen zu Nutzergruppen und Beobachtungsstudien
- Spezifikation (Szenarien, Personas, Storyboards) durch Analyse der Trainingsanforderungen, Dokumentenanalysen, Interviews und Befragungen
- Konzeptdesign (Trainingskonzept mit formalem und prozeduralem Wissen, Interaktionen, Dokumentationen) durch Diskussionen zu Trainingsanforderungen
- VR-Entwicklung und Programmierung (Modellierung, Funktionalitäten) anhand eines Software-Entwicklungsprozesses

- Integration (Erprobung des VR-Modells als Trainingsmodul und im Seminar) durch Workshops, Interviews und Usability-Evaluationen
- Evaluationen (Untersuchung von Lerneffekten) durch Fragebogen, Interviews, Workshops und systematische Untersuchungsansätze

SDVE erscheint grundsätzlich zur Entwicklung von VR-basierten Trainingsmodulen zur Risikobewertung geeignet (d. h. das Projektziel), da Ziel und Nutzungskontext der VE-Anwendung auf die Programmierung des VE heruntergebrochen werden können. Daher ist die Anforderungsanalyse eng mit organisatorischen Zielen wie dem Arbeitsschutz, strategischen Zielen wie der Risikobeurteilung und spezifischen Zielsetzungen wie Qualifizierung verbunden und schließt Anforderungen der Benutzer mit ein.

Besondere Möglichkeiten von VR für Qualifizierungsprozesse konnten bereits dokumentiert werden (Hamada 2008, Roussou 2004, Cobb et al. 2002, Antonietti & Cantoia 2000, Dede 1993, Helsel 1992). Dazu zählen das Paradigma des Instruktionsdesigns und Prinzipien des Konstruktivismus (Chen & Teh 2000), nach denen Wissen vom Lernenden aktiv konstruiert wird (d. h. Lehrer als Moderator, nicht als Wissensvermittler) und „zu wissen“ ein adaptiver Prozess ist, welcher die Erfahrungswelt des Lernenden organisiert (Chuah & Chen 2008, Merrill 1991). Das Werkzeug VR wird solchen Prinzipien durch die Möglichkeit zur Exploration und Konstruktion der Welt, der Abbildung eines Benutzers auf beliebige Charaktere und die Bereitstellung gemeinsamer virtueller Welten gerecht (Burdea & Coiffet 2003).

3. Ergebnisse

Erste Ergebnisse des Forschungsprojekts werden entlang des SDVE-Prozesses (vgl. Abb. 1) präsentiert.

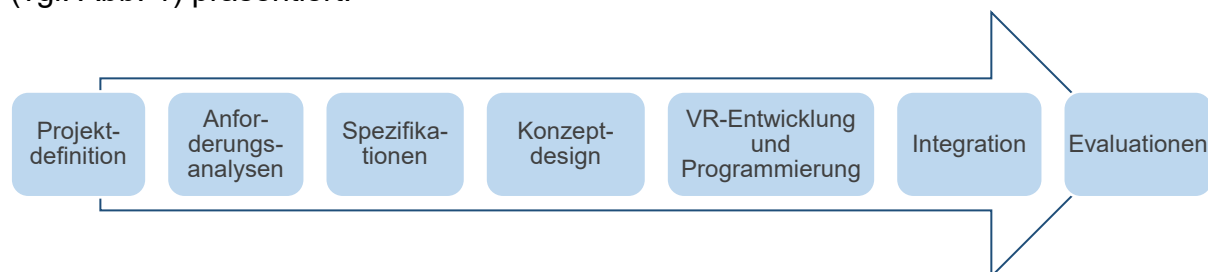


Abbildung 1: Das Human Factors-Konzept SDVE mit seinen Hauptschritten.

Projektdefinition

Im ersten Schritt des SDVE wird das Ziel der Anwendung im Nutzungskontext unter Einbezug aller Stakeholder definiert. Ziel des Forschungsprojekts ist es, eine dynamische und interaktive VE in ein einzelnes Qualifizierungsmodul, des aus mehreren Modulen bestehenden Seminars zur Risikobeurteilung, zu integrieren. Das soll den Erwerb von Wissen, Regeln und Fertigkeiten z. B. durch Exploration und situatives Handeln fördern. Zu den Stakeholdern gehören z. B. Beschäftigte der BGN, Trainer, Trainees sowie das Forschungsprojektteam.

Anforderungsanalysen

Die Benutzeranalysen wurden individuell für Trainer und Trainees auf Grundlage von Interviews und Gruppendiskussionen durchgeführt und dokumentiert.

Aufgabenanalysen sind für den Erwerb von Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten in Risikobeurteilungen, einschließlich der Transformationen von instruktionalen In-

formationen zu prozeduralem Wissen, erforderlich. Die hierarchische Aufgabenanalyse als Zerlegung der Aufgabe in erforderliche Schritte und Vorgänge (Stanton 2006), bezieht sich auf Prozessschritte der Risikobeurteilung. Die Aufgabenanalyse ist in Mindmaps dokumentiert, die parallele Strukturen auf den Ebenen Projektdefinition, Anforderungen und Spezifikationen illustrieren.

Spezifikationen

Abgeleitet aus der Aufgabenanalyse wird für jeden Schritt der Risikobeurteilung ein Szenario spezifiziert. Jedes Szenario besteht aus (a) einer virtuellen Darstellung der relevanten Umgebung im Nutzungskontext (z. B. Maschine mit und ohne Maßnahmen zur Risikominderung), (b) Mensch-System-Interaktionen (z. B. Begehen der VE im Maßstab 1:1) und (c) Funktionalitäten für Trainingsanforderungen (z. B. Bereitstellung bewährter Lösungen für angemessene Risikoreduktion). Der Nutzungskontext wird nach Personas (z. B. Trainer, Trainees) differenziert.

Das Storyboard zeigt für jedes Szenario aufeinanderfolgende Benutzungsoperationen und Aktivitäten in der VE, um damit Aufgaben und Teilaufgaben zu erfüllen bzw. um zu Projektzielen beizutragen (z. B. ist das Messen von Entfernungen im Szenario der Risikoanalyse erforderlich, im Szenario der Funktionsanalyse nicht).

Konzeptdesign

Aus den Trainingsanforderungen leitet sich ab, dass die Risikobeurteilung schrittweise für die Maschine als Ganzes durchgeführt wird, anstatt einzelne Risiken zu bearbeiten. Während des Seminars wird jeder Schritt der Risikobeurteilung zunächst durch einen Vortrag eingeführt, bevor das erworbene Wissen durch die Trainees im jeweiligen VE-Szenario angewandt wird, um Regeln und Fertigkeiten zu verstetigen. Die Zwischen- und Endergebnisse werden in Papierform oder computergestützt dokumentiert. Der modulare Aufbau des Trainingskonzepts erforderte die sorgfältige Abstimmung jedes VR-Szenarios mit Anweisungen, Informationen und Operationen der anderen Module. Das bestehende Schulungsmaterials wird angepasst.

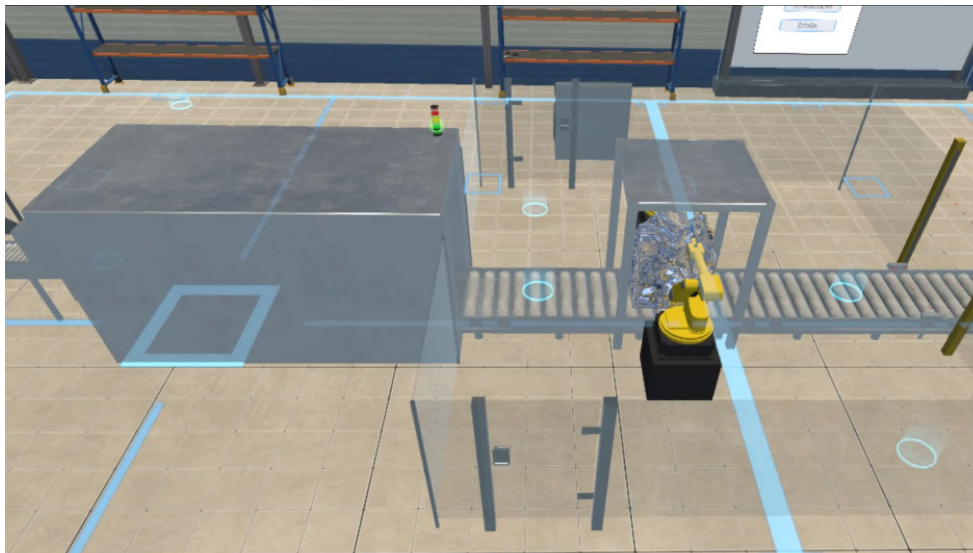


Abbildung 2: Virtuelle Umgebung zur Unterstützung der Risikobeurteilung eines Produktionsprozesses mit unterschiedlichen Maschinen.

VR-Entwicklung und Programmierung

Erste Ergebnisse zur VR zeigen Modellierungen orientiert am Konzeptdesign (siehe Abb. 2) mit Mensch-System-Interaktionen (z. B. die Platzierung eines Tunnels am Maschineneingang zur Risikominderung). Die weitere Entwicklung bildet weitere

Trainingsanforderungen wie z. B. die Konservierung von Bearbeitungszuständen (speichern) und Steuerfunktionen von VE-Szenarien (starten, stoppen) ab.

Integration

Entwürfe der VE sind für Visualisierung, formale Tests und Design Reviews verfügbar. Usability-Evaluationen sind in Vorbereitung. Die Integration der VE als Trainingsmodul ist noch nicht abgeschlossen.

Evaluationen

Eine Untersuchung von Lerneffekten befindet sich in Planung. Kriterien und Maßnahmen wurden bereits während des SDVE diskutiert und gesammelt.

4. Diskussion

Ziel des Forschungsprojekts war und ist noch die Entwicklung und Integration eines Qualifizierungsmoduls mit einem VE, das Inhalte und Prozesse in einem Seminar zur Risikobeurteilung unterstützt. Das Human Factors-Konzept des SDVE (inklusive des Instruktionsdesigns) erwies sich bisher zur Entwicklung und Integration des neuen Trainingsmoduls als handlungsleitend und zielführend. Das SDVE unterstützte die Koordinierung ineinander verwobener Prozess, d. h. Prozesse der Risikobeurteilung, Prozesse der Ableitung von Anforderungen aus Projektzielen, Benutzern, Aufgaben als auch Prozesse der Spezifikationen aus Trainingsanforderungen konnten auf die Entwicklung eines VE abgestimmt werden. Das VE entwickelt sich zum Werkzeug, um das Training von Risikobeurteilungen zu unterstützen. Evaluationen zur Usability und zu Lerneffekten mithilfe des neuen Qualifizierungsmoduls sind noch durchzuführen.

Für eine ergonomisch erfolgreiche Integration einer VR-Modellierung und -Simulation in einen Anwendungskontext sind neben inhaltlichen und zielbezogenen auch methodische und technologische Aspekte zu berücksichtigen (Hale & Stanney 2015). Aus methodischer Sicht bezieht sich die Szenarienwahl auf das im Forschungsprojekt gewählte Produktionsumfeld und soll keine vollständige Darstellung zukünftiger Arbeitsszenarien werden, die für Risikobeurteilungen relevant sein könnten (DIN EN ISO 12100, MaschinenV 2011). Darüber hinaus sind nur wenige Faktoren zu Mensch-System-Interaktionen untersucht, die bei der Entwicklung von VE berücksichtigt werden müssen, um den Transfer von Training in die Praxis zu fördern, insbesondere in Bezug auf die Leistung bei der Risikobeurteilung. Aus technologischer Perspektive führt eine VE auch zu Selektionseffekten, da Benutzer durch Auswirkungen wie z.B. Simulationskrankheit oder künstlicher Hinweisreize zur Tiefenwahrnehmung beeinträchtigt werden.

Die zielführende und erfolgreiche Nutzung eines Human Factors-Konzepts, wie des SDVE im Kontext des Arbeitsschutzes, das im aktuellen Forschungsprojekt eingesetzt wurde, bietet eine solide Grundlage, um weitere Projekte in Industrie und Dienstleistung zu bearbeiten.

5. Literatur

- Antonietti A, Cantoia M (2000) To see a painting versus to walk in a painting: an experiment on sense-making through virtual reality. *Computers & Education* 34(3-4): 213-223.
Burdea GC, Coiffet P (2003) *Virtual reality technology*. Hoboken, Wiley.

- Chen CJ, Teh CS (2000) An affordable virtual reality technology for constructivist learning environments. In: Proceedings of the 4th Global Chinese Conference on Computers in Education (GCCCE) on "Teaching and Learning in the New Millennium", May 29-31, 2000, Singapore, pp. 414-421.
- Chuah KM, Chen CJ (2008) Unleashing the Potentials of Desktop Virtual Reality as an Educational Tool: A Look into the Design and Development Process of ViSTREET. In Proceedings of the 2nd International Malaysian Educational Technology Convention (imetec2008) on "Smart Education: Converging Technology, Pedagogy and Content", Nov 4-7, 2008, Kuantan, Malaysia, pp. 81-86.
- Cobb S, Neale H, Crosier J, Wilson JR (2002) Development and evaluation of virtual environments for education. In: Stanney KM (ed) Handbook of Virtual Environments. New Jersey, LEA, pp. 911-936.
- Cobb SC, D'Cruz M, Day A, David P, Gardeux F, van den Broek EL, van der Voort MC, Meijer F, Izkara JL, Mavrikios D (2008) How is VR used to support training in industry?: The INTUITION network of excellence working group on education and training. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE Virtual Reality International Conference (VRIC 2008), Apr 9-13, 2008, Laval, France, pp. 75-83.
- D'Cruz, M. (1999). Structured evaluation of training in virtual environments (Doctoral dissertation, University of Nottingham). Nottingham, University.
- Dede C (1993) Evolving from multimedia to virtual reality. In: Maurer H (Hg) Educational Multimedia and Hypermedia Annual. Charlottesville, Assoc. Advancement of Computing in Education, pp. 123-130.
- DIN EN ISO 6385 (2016) Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen. Berlin, Beuth.
- DIN EN ISO 12100 (2010) Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobewertung und Risikominderung. Berlin, Beuth.
- Eastgate RM, Wilson JR, D'Cruz M (2015) Structured Development of Virtual Environments. In: Hale KS, Stanney KM (eds) Handbook of virtual environments. Boca Raton, CRC Press, pp. 353-390.
- MaschinenV (2011) Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) vom 12.05.1993 (BGBl. I S. 704), geändert durch Art. 19, 8.11.2011. Bundesgesetzesblatt (BGBl.) I:2178.
- Hamada M (2008) An example of virtual environment and web-based application in learning. International Journal of Virtual Reality 7(3):1-8.
- Helsel S (1992) Virtual reality and education. Educational Technology 32(5):38-42.
- Kantowitz BH, Sorkin RD (1983) Human factors: Understanding people-system relationships. New York, Wiley.
- Merrill MD (1991) Constructivism and instructional design. Educational Technology 31(5):45-53.
- Moreno R, Mayer RE (2002) Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. Journal of Educational Psychology 94(3):598-610.
- Nickel P, Gomoll K (2018) Das Gestalten von Mensch-System-Interaktionen unterstützen mit virtueller Realität. In: Trimpop R, Kampe J, Bald M, Seliger I, Effenberger G (Hg) Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit. Kröning: Asanger, pp. 551-554.
- Nickel P, Janning M, Wachholz T, Pröger E (2019) Shaping future work systems by OSH risk assessments early on. Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC) 819:247-256.
- Perlman A, Sacks R, Barak R (2014) Hazard recognition and risk perception in construction. Safety Science 64:22-31.
- Rothbaum BO, Hodges LF (1999) The use of virtual reality exposure in the treatment of anxiety disorders. Behavior Modification 23(4):507-525.
- Roussou M (2004) Learning by doing and learning through play: an exploration of interactivity in virtual environments for children. Computers in Entertainment (CIE) 2(1):10-10.
- Stanton NA (2006) Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. Applied Ergonomics 37(1):55-79.
- Stanney KM, Hale KS (2015) Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications. Boca Raton, CRC Press.
- Winn W (2002) Research into practice: Current trends in educational technology research: The study of learning environments. Educational Psychology Review 14(3):331-351.

Danksagung: Die Autoren danken Herrn Christopher Braun und Herrn Nicolai Leuthner der Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus, Remagen, für die technische Entwicklung des dynamischen VR-Modells mit Unity (Unity Technologies ApS, USA).



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

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

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de