

VR-basierte Planung logistischer Systeme: Entwicklung von Einsatzszenarien und Inbetriebnahme einer Versuchsumgebung

VR-based planning of logistics systems: development of application scenarios
and realization of a test environment

David Pfleger
Karl-Heinz Wehking

Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) - Abteilung Logistik
Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
Universität Stuttgart

Aufgrund der rapiden Entwicklung der virtuellen Realität (VR) gewinnt die Anwendung dieser Technologie immer mehr an Bedeutung in vielen Industriebereichen. Besonders in der Logistik sollte sie nicht vergessen werden. Neben Vorführungen auf Messen und Schulungen kann die VR ebenso in der Planung logistischer Systeme angewandt werden. Daher zeigt dieser Beitrag die Potentiale der VR in der Logistik mit Schwerpunkt auf der Planung. Zudem werden vier Szenarien aufgezeigt, wie VR-Systeme mit Head-Mounted-Displays (HMD, VR-Brillen) im Planungsprozess genutzt werden können. Unter besonderem Fokus steht hierbei die interdisziplinäre Zusammenarbeit, Komplexität, Interaktivität, Kosten und Flexibilität.

[Schlüsselwörter: Visualisierung, Virtuelle Realität, Head-Mounted-Displays, Software, Planung logistischer Systeme]

Due to the rapid development of virtual reality (VR), the application of this technology is becoming increasingly important in many industrial sectors. Particular focus should be placed on logistics. Besides demonstrations at trade fairs and training in companies, VR can be applied to the planning of logistics systems. Therefore this paper shows the potential of VR in logistics with a focus on planning. In addition, four scenarios are shown in which VR systems with head-mounted displays (HMD, VR-glasses) can be used in the planning process. Focus is placed on interdisciplinary collaboration, complexity, interactivity, costs and flexibility.

[Keywords: visualization, virtual reality, head-mounted-displays, software, planning of logistical systems]

1 EINLEITUNG

Die virtuelle Realität (VR) erhielt in den letzten Jahren aufgrund der stetigen Entwicklung sowie steigenden Anzahl der Nutzer immer mehr Aufmerksamkeit und wird als „Next Big Thing“ bezeichnet [Lut16, S. 44]. Gerade durch die Massenproduktion von Head-Mounted-Displays (HMD, VR-Brillen) und den dadurch fallenden Kosten wird sie immer populärer. Mittlerweile wird die VR neben der Unterhaltungsindustrie ebenfalls in den Bereichen Produktentwicklung, Produktion und Logistik verwendet, da sie als die Bereicherung für konventionelle Bildschirme dient.

Besonders in dem Wirtschaftsbereich Logistik ist die vermehrte Anwendung dieser Technologie zu beobachten. Die gängigsten 3D-Planungssoftwarehersteller erweitern ihre Programme mit Add-ons, welche das Modell in der virtuellen Welt darstellen. Auf Messen werden mit verschiedensten Anwendungen die Ausstellungsstände abgerundet. Ein Beispiel dafür sind die Flurförderzeuge-Hersteller Jungheinrich und Hypster, die eine virtuelle Staplerfahrt anboten. Daher steht im aktuellen Fokus die Ermittlung weiterer Potentiale sowie die Weiterentwicklung der heutigen VR-basierten Planung logistischer Systeme und die Inbetriebnahme einer Versuchsumgebung am IFT im Vordergrund.

Das Ziel dieses Beitrags ist aus diesen Gründen neben der Erläuterung der Vorgehensweise in der Planung die Vorstellung möglicher Einsatzszenarien einer VR-Umgebung mit HMDs im Planungsprozess. Weiterhin soll der Aufbau einer VR-Versuchsumgebung beschrieben werden. Den Abschluss bildet das Fazit mit einem Ausblick zur weiteren Vorgehensweise.

2 VIRTUELLE REALITÄT IN DER PLANUNG LOGISTISCHER SYSTEME

Zu Beginn ist für eine Anwendung der VR-Technologie in der Logistik eine Differenzierung der geeigneten Einsatzbereiche durchzuführen. Dabei wird erichtlich, dass die VR besonders die Bereiche Planung und Schulung unterstützen kann. In der Logistikplanung ist eine Anwendung speziell in der Intralogistik bzw. innerbetriebliche Logistik sinnvoll. Hierbei können verschiedene Layouts eines Produktionslogistiksystems oder Distributionszentrums visualisiert werden. Zudem können die erstellten Modelle als Schulungsgrundlage dienen. Nach einer zusätzlichen Aufbereitung können die Schulungen bereits vor der Realisierung durchgeführt werden. In der Transport- und Beschaffungslogistik sowie der Planung von Logistiknetzwerken ist die Nutzung der VR-Technik aufgrund der Weitläufigkeit nicht vorteilhaft und wird daher nicht näher betrachtet. [Kam11, S. 12f]

In der Planung bzw. Layoutplanung wird der Stellenwert der VR als Werkzeug immer wichtiger, da diese Technik in den Planungsphasen entscheidend unterstützen kann. Daher bieten viele 3D-Planungsprogramme Verknüpfungen mit VR an und verhelfen somit zu einer Visualisierung und Interaktion des aktuellen Planungszustands, wodurch die Bewertung und Validierung der unterschiedlichen Varianten vereinfacht wird. Weiterhin können Verbesserungspotentiale abgeleitet werden. Bei Bedarf ist eine ergonomische Untersuchung der Arbeitsplätze möglich. Zum besseren Verständnis wird in Abbildung 1 der prinzipielle Ablauf einer VR-Visualisierung dargestellt. Von dem realen System bzw. geplanten System ist ein VR-Modell zu modellieren, welches zur Ansicht und Analyse dient. Die analysierten Ergebnisse werden daraufhin beurteilt und als Folgerung auf das reale bzw. zukünftige Modell übertragen. Ein Modell eines realen Systems kann zur Ist-Analyse und somit zur Umplanung dienen.

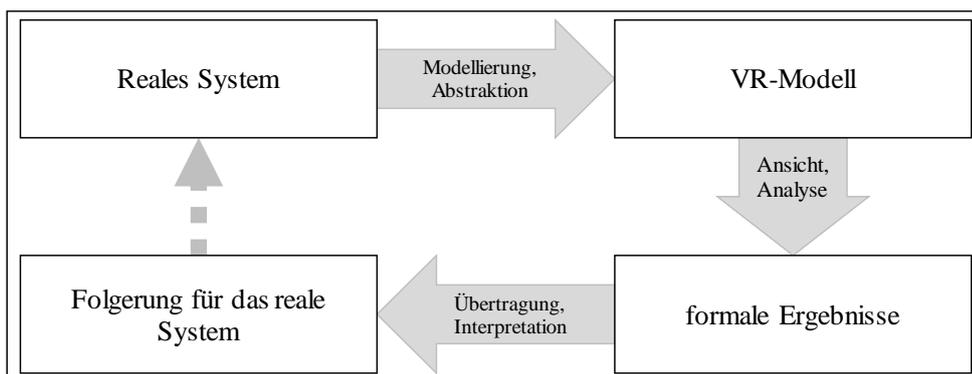


Abbildung 1: Regelkreis der VR-Visualisierung (in Anlehnung an [Wen93, S. 1])

Mit dieser Vorgehensweise wird besonders durch die Visualisierung komplexer Sachverhalte die Planungsgeschwindigkeit gesteigert. Nämlich die im Bereich der Planung unerfahrenen Mitarbeiter erhalten einen intuitiven Zugang, um sich einen besseren und schnelleren Überblick

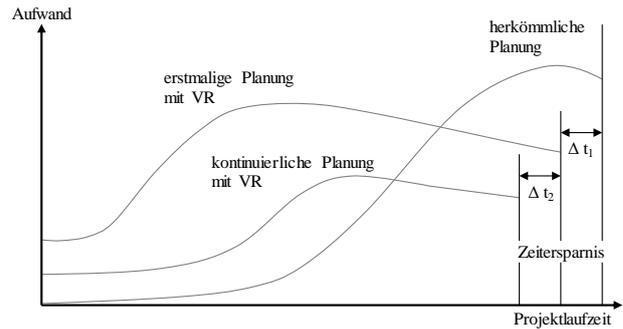


Abbildung 2: Qualitative Aufwandsschätzung für den Einsatz von VR (in Anlehnung an [Bra05, S. 81])

zu dem behandelten Planungsproblem zu verschaffen. Bracht veranschaulichte schon 2005, dass die Unterstützung durch VR eine Zeitersparnis in der Projektlaufzeit erbringt (siehe Abbildung 2). Zudem werden mit Hilfe der vereinfachten Variantenbildung rechtzeitig Fehler erkannt und die Planungsaufwände sowie -kosten wesentlich reduziert. Auch die Akzeptanz des erzielten Planungsergebnisses wird durch das immersive Eintauchen in das virtuelle Modell gesteigert werden. Letztendlich erwirkt die Nutzung von VR neben dem Anstieg der Planungsgeschwindigkeit auch eine Steigerung der Planungsqualität. [Bra05, S. 318f]

Weiterhin kann die VR-Anwendung eine Basis für den Aufbau einer Kooperations- und Kommunikationsplattform zur interdisziplinären Planung dienen. Diese Planungsplattform könnte ein direktes oder indirektes Zusammenarbeiten unterstützen. In dem Kapitel 3 werden dazu verschiedene Szenarien vorgestellt. Eine mögliche Mobilität des Systems, die beim Einsatz von VR-Brillen gegeben ist, kann zusätzlich zum direkten Vorstellen des virtuellen Layouts beim Kunden fungieren [Kam11, S. 13]. Nachteilig ist, dass sehr häufig kleine, mittelständige Unternehmen ihren Grundbestand an Maschinen nicht digitalisiert vorliegen haben. Es fehlen die 3D-CAD-Daten der Anlagen, welche bei Verwendung nachträglich und mit viel Aufwand erstellt werden müssen. Die meisten logistischen Elemente bzw. Maschinen werden allerdings meist in den Datenbanken der Planungssoftwares bereitgestellt. Ein weiteres Problem kann die Motion Sickness darstellen. Dies kann nicht nur bei Spieleanwendungen, sondern auch während der virtuellen Planung auftreten. Es kann dem Anwender bei längerem Tragen oder bei bestimmten Bewegungen in dem Modell unwohl werden.

3 EINSATZSZENARIEN

Dieses Kapitel beschreibt die verschiedenen Einsatzszenarien, die bei der Planung logistischer Systeme unter Verwendung von VR-Umgebungen mit VR-Brillen genutzt werden können. Insgesamt werden vier Anwendungsfälle vorgestellt, aus welchen eine Kooperations- und Kommunikationsplattform zur interdisziplinären Planung entstehen kann. Zusätzlich sind diese in der Abbildung 4 schematisch dargestellt. Abschließend werden die Szenarien mit Hilfe einer Nutzwertanalyse bewertet.

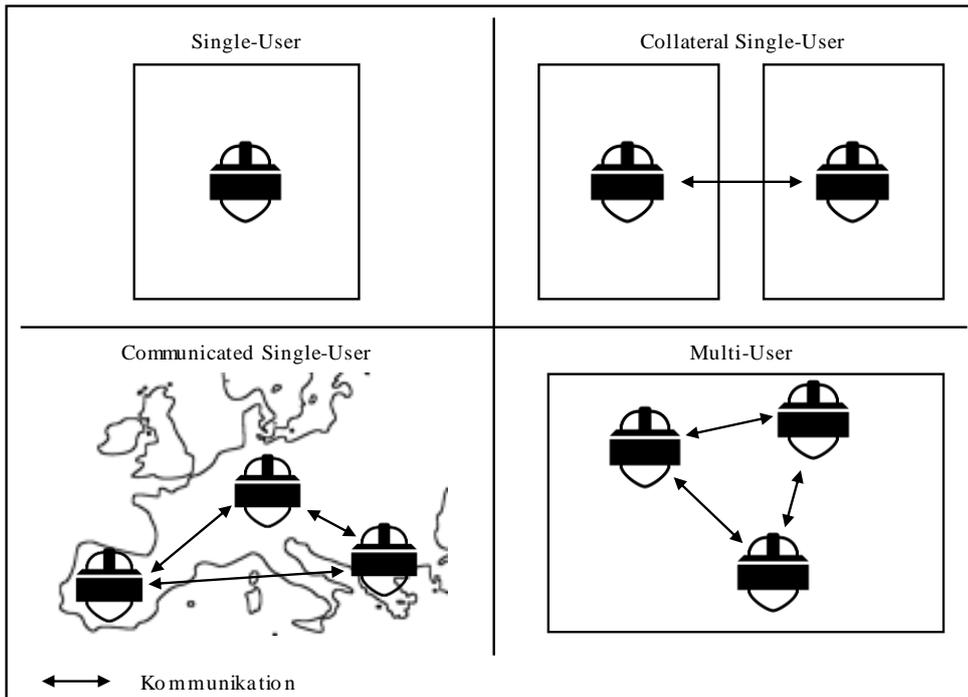


Abbildung 3: Einsatzszenarien (eigene Darstellung)

3.1 SINGLE-USER

Bei dem Single-User-Szenario handelt es sich um einen Einzelplatz. Dieser Platz ist mit einer VR-Umgebung ausgestattet, welche nur durch eine Einzelperson genutzt werden kann. Hierzu muss das System aus einer VR-Brille und der dazugehörigen Hardware sowie Software bestehen. Ein Aufbau ist in einen dafür vorgesehenen Raum mit einer Fläche von bis zu 5 x 5 m und somit an dem eigenen Schreibtisch realisierbar. Weitere Personen können bei der Begehung des virtuellen Modells das Sichtfeld des Nutzers auf einem zusätzlichen Display verfolgen. Besonders durch die Nutzung am Schreibtisch ist eine sofortige Überprüfung des mit einer Planungssoftware erstellten Layouts möglich. Eine vereinfachte Variantenauswahl kann stattfinden. Das Szenario wird von den gängigsten Softwares unterstützt.

3.2 COLLATERAL SINGLE-USER

Das Szenario Collateral Single-User beschreibt mehrere nebeneinanderliegende Einzelplätze bzw. VR-

Umgebungen. Allerdings beschränkt sich die Anzahl der Nutzer auf maximal drei Personen, da aufgrund der Entfernung der einzelnen VR-Arbeitsplätze keine Kommunikation stattfinden kann. Die Unterhaltung wird zu unverständlich und kann nur noch über lautes Zurufen stattfinden. Sobald eine einwandfreie Unterhaltung möglich ist, kann eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erreicht werden. Durch die Verwendung von einzelnen Systemen je Nutzer unterstützen ebenfalls die gängigsten Softwares diese Lösung. Das zu betrachtende Modell muss mit allen Systemen einzeln geöffnet und kann daraufhin in

der VR betrachtet werden. Jedoch ist eine Interaktion untereinander kaum möglich.

3.3 COMMUNICATED SINGLE-USER

Das Communicated Single-User-Szenario besteht aus mehreren Einzelplätzen, die mit Hilfe eines Headsets kommunizieren. Die Unterhaltung wird hierbei z. B. mit einem Telefon, Skype oder einer für diesen Einsatz programmierten Software realisiert. Dadurch kann eine ortsunabhängige Verbindung mehrerer VR-Umgebungen bestehen und alle Anwender können auf der ganzen Welt verstreut sein. Dennoch ist die nähere Entfernung, z. B. im

gleichen Gebäude, ebenfalls möglich. Die einfachste Umsetzung ist, dass sich die Nutzer im eigenen virtuellen Modell bewegen und mittels Telefonie verständigen. Hierzu kann ebenfalls die auf dem Markt vorhandene Software genutzt werden. Jedoch ist wie beim vorherigen Szenario kaum Interagieren möglich. Eine wesentliche Verbesserung könnte eine neu programmierte Planungsplattform erbringen. Sie soll das gemeinsame Begehen im gleichen geplanten Modell mit Hilfe von Avataren und eine vereinfachte Kommunikation ermöglichen. Mit einem Avatar kann jeder Anwender die anderen Teilnehmer in derselben virtuellen Welt erkennen und möglicherweise mit sehbaren Handbewegungen sowie Ton kommunizieren. Es besteht sogar die Möglichkeit, Führungen in dem virtuellen Modell anzubieten. Beispielsweise könnte ein Planungsteam im gleichen Layout einzelne sowie zusammenhängende Objekte besprechen und beurteilen. Somit würde die Gemeinschaftsarbeit bedeutend verbessert werden. Zudem könnte sich die Interaktion deutlich verändern. Durch eine Bibliothek mit den wichtigsten Logistik- und Produktionsobjekten (Roboter, Hochregale, etc.) könnte

der Planer per Drag & Drop die Objekte mit dem Controller der VR-Brille in die Umgebung setzen. Wünschenswert wäre auch, dass der Anwender ein Regal oder andere Objekte durch Auseinanderziehen mit den Controllern vergrößern könnte. Zusätzlich sollten die Tätigkeiten des Werkers an dem Objekt (z. B. an einer Kommissionierinsel) in der VR getestet werden. Diese Möglichkeit würde sich insbesondere als Schulung anbieten.

Weiterhin könnten durch dieses Szenario Reisekosten, Arbeitszeit und Fehlerquellen immens eingespart werden, was sich zusätzlich aus ökologischer Sicht sehr sinnvoll zeigen würde.

3.4 MULTI-USER

Beim Multi-User-Szenario, auch Social VR genannt, nutzen mehrere Anwender eine VR-Umgebung. Zurzeit sind maximal drei VR-Brillen in einer Umgebung verwendbar und das Arbeiten im kleinen Planungsteam wird unterstützt. Jedoch wird hierfür ein gesondertes Tracking-System zur Umsetzung benötigt, weshalb die Kosten gegenüber den anderen Szenarien steigen. Zudem erhält der Anwender keine direkte Unterstützung durch die handelsüblichen Planungstools und muss dafür ein Programm, wie in dem Szenario Communicated Single-User, entwickeln. Letztendlich kann dagegen die interdisziplinäre Zusammenarbeit durch die direkte Unterhaltung und der Nutzung der Avatare gegenüber den zwei ersten Szenarien deutlich verbessert werden. Ebenfalls lässt dieses Szenario eine die bessere Interaktion zu. Es könnten die gleichen Interaktionsmöglichkeiten, wie in dem vorherigen Szenario verwendet werden. Ein Anwendungsbeispiel hierfür wäre eine Führung von mehreren Werkern vor der Inbetriebnahme zur Einführung in ihre neue Arbeitsumgebung. Ebenfalls können mit diesem Szenario mehrere Planer zusammenarbeiten.

3.5 BEWERTUNG DER SZENARIEN

Zur Bewertung dieser Szenarien wird nach dem Verfahren der Nutzwertanalyse vorgegangen. Hierzu wurden Bewertungskriterien mit ihren Zielerfüllungsgraden bestimmt, welche in einer Expertenrunde erarbeitet wurden. Im Folgenden sind diese Kriterien genannt, deren Bewertung zwischen 0 und 8 erfolgen kann. Die dazugehörigen Gewichtungen werden in der Tabelle der Abbildung 4 angegeben.

- Interdisziplinäre Zusammenarbeit
- Komplexität
- Interaktivität

- Kosten
- Flexibilität

Mit diesen Kriterien werden die einzelnen Szenarien bewertet. Communicated Single-User wird in zwei neue Szenarien aufgeteilt, da es für die Bewertung ausschlaggebend ist, ob ein Standardplanungstool oder eine neu programmierte Software (Kooperations- und Kommunikationsplattform) verwendet wird. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist in Tabelle der Abbildung 4 aufgezeigt. Daraus wird ersichtlich, dass alle Nutzwerte einen mittleren bis hohen Wert aufweisen und daher alle Szenarien im Bereich der Planung in Frage kommen. Besonders auffällig sind aufgrund ihres hohen Werts die VR-Gesamtsysteme Communicated Single-User mit und ohne Programmierung sowie Multi-User. Dies ist auf die bessere Bewertung der interdisziplinären Zusammenarbeit und Interaktivität zurückzuführen. Die Zusammenarbeit im Team wurde sehr hoch gewichtet, da sie eine wichtige Rolle beim Planen logistischer Systeme hat. Sie kann mit Hilfe von Headsets und der Nutzung von Avataren stark gefördert werden. Die Interaktivität sollte durch die mögliche Bewegung von Elementen bzw. Maschinen in dem virtuellen Modell verbessert werden.

	Kriterien	Interdisziplinäre Zusammenarbeit	Komplexität / Aufwand	Interaktivität	Kosten	Flexibilität	Nutzwert
Szenarien	Gewichtung	0,4	0,15	0,2	0,15	0,1	
Single -User		3	8	2	8	7	4,7
Collateral Single-User		5	7	4	4	4	4,85
Communicated Single-User (ohne Programmierung)		6	5	4	4	6	5,15
Communicated Single-User (mit Programmierung)		8	1	7	3	6	5,8
Multi-User		8	1	7	2	2	5,25

Abbildung 4: Tabelle der Nutzwerte der Einsatzszenarien

4 AUFBAU DER VERSUCHSUMGEBUNG

Zum Aufbau einer Versuchsumgebung am IFT zur Forschung im Bereich VR in der Logistik müssen zuerst die Anforderungen festgelegt werden. Wichtig sind hierbei ein hoher Immersionsgrad, eine einfache Systemmobilität, niedrige Kosten, niedriges Gewicht und die Interaktivität. Ein kabelloses System wäre für die vorgesehenen Zwecke zudem sehr wünschenswert, jedoch ist dies als Consumer-Produkt auf dem freien Markt noch nicht verfügbar. Eine weitere Anforderung ist die Akzeptanz des Mitarbeiters.

Dieser sollte das System einfach bedienen können und als nützlich sehen. Weiterhin sollten für ihn keine medizinischen Nachteile entstehen.

Aus den erarbeiteten Anforderungen entsteht das Konzept zum Aufbau einer Versuchsumgebung. Sie basiert vorerst auf den einfachen Einsatzszenarien Single-User sowie Collateral Single-User. Die anderen zwei Szenarien sollen aufgrund der höheren Kosten und des höheren Aufwands der Umsetzung in Zukunft umgesetzt werden. Zum Anfang besteht die VR-Umgebung daher aus zwei VR-Systemen, welche mit zwei unterschiedlichen HMDs, den dazugehörigen Komponenten und den dafür angepassten Rechnern aufgebaut sind. Zusätzlich wird noch ein Softwarepaket benötigt, welches aus den benötigten Treibern und der Planungssoftware besteht. Mit dieser Ausstattung ergibt sich die Möglichkeit ein geplantes Layout in der virtuellen Welt zu präsentieren. Der Anwender kann sich jedes einzelne Element / Maschine in realer Größe betrachten und beurteilen.

Weiterhin ist in naher Zukunft eine Erweiterung der Versuchsumgebung zur Umsetzung des Communicated Single-User und Multi-User geplant. Hierzu soll die Hardware erweitert und eine interdisziplinäre Planungsplattform entwickelt bzw. programmiert werden. Eine angestrebte Kooperation mit mehreren VR-Unternehmen ist daher zur Realisierung beabsichtigt.

5 FAZIT UND AUSBLICK

Die VR bietet ein passendes Werkzeug zur Ergänzung der Planung logistischer Systeme. Es kann eine erleichterte Bewertung und eine schnelle Ableitung von Verbesserungspotentialen stattfinden. Letztendlich kann mit der genannten Vorgehensweise die Planungsgeschwindigkeit beschleunigt werden. Zudem bekommen unerfahrene Mitarbeiter eine bessere Vorstellung vom geplanten Layout.

Zur Nutzung der VR-Technologie im Planungsprozess können vier verschiedene Einsatzszenarien angewandt werden, welche einen oder mehrere Anwender in das virtuelle Modell eintauchen lassen. Die einfachsten Szenarien, der Single-User und Collateral Single-User, können durch jedes Unternehmen aufgrund der geringen Kosten umgesetzt werden und somit ihre Planung erweitern. Die anderen Szenarien sind aufwendiger umzusetzen und kostenintensiver. Jedoch wird bei ihnen die interdisziplinäre Zusammenarbeit äußerst stark gefördert, welche bei der Planung einen besonderen Stellenwert hat und somit den Nutzen enorm steigert. Daher soll in naher Zukunft am IFT an einem VR-Planungstool, welches die im Beitrag genannten Eigenschaften besitzt, mit kooperierenden Unternehmen gearbeitet werden.

LITERATUR

- [Bra05] Bracht, U.; Eckert, C.; Masurat, T. (2005): Partizipative Fabrikplanung mit Virtual Reality - Ergebnisse aus der Zusammenarbeit mit einem Automobilzulieferer. In: M. Schenk (Hg.): Virtual Reality und Augmented Reality zum Planen, Testen, und Betreiben technischer Systeme. Magdeburg: 8. IFF-Wissenschaftstage, S. 69–79.
- [Kam11] Kammergruber, Florian; Günthner, Willibald (2011): VR LogPlan. Virtual Reality Logistik-Planungssystem. Hg. v. Technische Universität München. München. Online verfügbar unter http://www.fml.mw.tum.de/fml/images/Publikationen/Schlussbericht_VR-LogPlan.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2017.
- [Lut16] Lutter, Tim; Meinecke, Christopher-Marcel; Prescher, Dominique; Böhm, Klaus; Esser, Ralf (2016): Zukunft der Consumer Technology - 2016. Marktentwicklung Schlüsseltrends, Medienutzung, Konsumentenverhalten, Neue Technologien. Hg. v. Bitkom e. V. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bitkom-rese-arch.de/WebRoot/Store19/Shops/63742557/MediaGallery/Press/2016/September/160831-CT-Studie-2016-online.pdf>, zuletzt geprüft am 09.07.2017.
- [Wen93] Wenzel, S.; Ahrens, V.; Schürholz, A.; Witte, H.-H. (1993): Einleitung. In: Axel Kuhn, Adolf Reinhardt und Hans-Peter Wiendahl (Hg.): Handbuch Simulationen in Produktion und Logistik. Mit 194 Abbildungen. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag (Fort-schritte in der Simulationstechnik).

David Pfleger, M. Sc., wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT), Universität Stuttgart. Er studierte Maschinenbau an der Hochschule Koblenz und Universität Stuttgart.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl-Heinz Wehking, Institutsleiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFT), Universität Stuttgart. Er studierte Maschinenbau und promovierte an der Universität Dortmund.

Adresse:
Universität Stuttgart,
Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT), Holzgarten-
straße 15 B, D-70174
Stuttgart

E-Mail:
david.pfleger@ift.uni-stuttgart.de
karl-heinz.wehking@ift.uni-stuttgart.de