

Florian Kammergruber und Willibald A. Günthner, München

Der Einsatz von Virtual Reality zur Logistikplanung

Ergebnisse eines Forschungsprojekts zur Effizienzsteigerung in der Logistikplanung

Das Forschungsprojekt VR-LogPlan (Virtual Reality Logistik-Planungssystem) befasst sich mit der Logistikplanung in der virtuellen Realität mit Hilfe von 3D-Modellen. Ziel war unter anderem, die innovative Visualisierungstechnik auf einen Einsatz in der Logistikplanung hin zu untersuchen und zu bewerten. In der durchgeführten Versuchsreihe erprobten Testpersonen den Aufbau des mobilen VR-Systems sowie die Interaktionsgeräte. In diesem Beitrag werden der Aufbau des VR-Systems kurz erläutert sowie die wesentlichen Ergebnisse des Labortests dargestellt.

Hintergrundinformationen

Der Einsatz von VR-Systemen ist derzeit hauptsächlich darauf ausgerichtet, entweder als Werkzeug im Produktentstehungsprozess zu dienen oder für das Design-Review von Prototypen genutzt zu werden [1]. Um das Einsatzspektrum dieser Visualisierungstechnik zu erweitern, befasst sich das Forschungsprojekt VR-LogPlan (Virtual Reality Logistik-Planungssystem) mit der Logistikplanung in der virtuellen Realität. Die Technik soll auf ihre Einsatzmöglichkeiten in der Logistikplanung und Schulung von Logistikpersonal hin untersucht werden. Dabei wurde der Mensch immersiv in die virtuelle Welt eingebunden und als Hauptakteur der Logistik berücksichtigt. Ein VR-unterstütztes Gesamtkonzept, das für die verschiedensten Logistiksznarien, sei es für Lagerplanung, Arbeitsplatzgestaltung oder Kommissionierplanung, einsetzbar ist, wurde entwickelt [2]. Zudem sind die entworfenen 3D-Modelle der logistischen Anlagen im Anschluss auch für Schulungszwecke nutzbar. Für das mobile VR-System wurden unterschiedliche Interaktionskonzepte erarbeitet und anhand geeigneter Interaktionsgeräte umgesetzt. In diesem Artikel sollen der Aufbau des Systems kurz erläutert und die wesentlichen Ergebnisse einer Benutzerstudie dargestellt werden.

Konstruktion des mobilen VR-Systems

Für die Konstruktion des mobilen VR-Systems wird eine Auslegung mit Aluminiumprofilen verfolgt, die eine robuste und individuelle Zusammensetzung des Systems erlauben. Der Aufbau sieht vor, dass die Spezial-Leinwand auf einen verschiebbaren Wagen aufgesetzt wird und für den Transport wieder abgenommen werden kann. Zur Visualisierung soll die Projektionsleinwand direkt von den Beamern beleuchtet werden, sodass der Einsatz von Spiegeln zur Umlenkung des Lichts entfällt. Für die Aufnahme der Technik ist ein Projektorenwagen vorgesehen, der über drei Ebenen verfügt. Dabei wird in der untersten Ebene der Steuerrechner platziert. In den beiden darüber liegenden Ebenen befinden sich die beiden Projektoren. Für eine gute Überlagerung des Bildes werden die beiden Projektoren möglichst nah übereinander gesetzt. Sie sind dabei auf einer Platte mit Führungsschienen befestigt, sodass sie in sämtliche Freiheitsgrade verschoben und rotiert werden können. Anschließend sind die Beamer in ihrer Position fixierbar, damit leichte Erschütterungen, beispielsweise bedingt durch den Transport oder dem Verschieben des Wagens, keinen Einfluss haben. Der Wagen nimmt ebenfalls die bildtrennende Einheit, die Polfilter, mit auf. Zur Fixierung und für die korrekte Vorgabe der nötigen Distanz des Wagens zur Projektionsleinwand werden Distanzschienen eingesetzt. Diese dienen gleichzeitig zur Aufnahme des Verdunkelungsvorhangs. Bild 1 zeigt den unverdunkelten Aufbau des VR-Systems und verdeutlicht das Konstruktionsprinzip. Sämtliche Verkabelungen und Anschlüsse der Technik werden innerhalb des Wagens geführt. Über einen von außen zugänglichen USB-Hub können weitere Geräte mit dem System verbunden werden. Der Anwender muss das System lediglich mit einem Stromanschluss verbinden.

Das für das Forschungsprojekt entwickelte Interaktionskonzept sieht vor, dass sich zum einen die Kamera frei im virtuellen Raum positionieren und auf die zu untersuchenden Objekte ausrichten lässt. Zum anderen soll der Nutzer das Modell virtuell begehen können, so wie es in der Realität auch möglich ist. In einem ersten Konzept werden dafür eine 3D-Maus, ein Spielcontroller und der Nintendo Wii-Controller mit dem Balance Board verwendet (Bild 2). Eine endgültige Entscheidung, welches Gerät sich am besten eignet, soll in der anschließenden Evaluierung geklärt werden. Alle drei Geräte erlauben eine Steuerung der Kamera in der VR-Szene. Die Umsetzung mit dem Wii-Controller wird im Folgenden kurz erläutert. Der Nutzer hält den Wii-Controller in der rechten Hand und das Nunchuck in der linken. Mit dem Steuerstick in der linken Hand besteht die Möglichkeit, die Kamera zu schwenken. Das Funktionsprinzip lässt sich mit der Kopfbewegung und -drehung eines Menschen vergleichen. Der rechte Daumen dient dazu, die Kamera mit dem 4-Wege-

Richtungsblock zu verschieben. So ist es möglich, nach vorne oder seitlich zu fliegen. Die Höhe der Kamera lässt sich über die beiden Zeigefinger steuern. Für das zweite Konzept kommt zusätzlich das Wii Balance Board zum Einsatz (vgl. auch [3,4]). Durch eine gehähnliche Bewegung bzw. durch das Steppen des Anwenders auf der Fläche des Boards wird die Gehbewegung ausgeführt. In das Balance Board integrierte Gewichtssensoren erfassen dabei die Krafteinwirkungen auf das Board und übertragen es über Bluetooth an den Rechner. Durch diese Kräfte lässt sich bestimmen, ob der Anwender gerade das linke bzw. das rechte Bein hebt und somit den Bewegungsvorgang auslöst. Die Bewegung auf dem Balance Board wird durch ein Plug-In für die VR-Basissoftware interpretiert und in eine Translation der Kamera umgesetzt. Daneben ermöglicht es das Steuerkreuz auf dem Wii-Controller dem Nutzer, die Bewegungsrichtung vorzugeben. Durch Drücken des Steuerkreuzes ist es möglich, vor-/rückwärts oder seitwärts links/rechts zu gehen. Zur Steuerung der Kopf- und Blickrichtung wird weiterhin das Wii-Nunchuck verwendet. Bild 3 zeigt den Komplettaufbau des Systems sowie den Anwender mit den beschriebenen Interaktionsgeräten.

Aufbau der Versuchsreihe

Die Versuchsreihe über das portable VR-System wurde in der Versuchshalle des Lehrstuhls fml durchgeführt. Dabei wurde das komplette VR-System von den Probanden montiert und demontiert. Als Hilfestellung diente lediglich die vorhandene bebilderte Montageanleitung. Während des Auf- und Abbaus wurde zudem die Zeit gemessen, um die durchschnittliche Inbetriebnahme bzw. Demontage des mobilen VR-Systems zu bestimmen. Zu Beginn des Labortests füllen die Testkandidaten einen allgemeinen Fragebogen mit grundlegenden Fragestellungen zu ihrer Person aus. Daneben werden die Probanden einem Konzentrationstest und einem Test über ihr räumliches Vorstellungsvermögen unterzogen. Nach der Montage des Systems werden das 3D-Planungstool und dessen Eigenschaften im Vergleich zu einer herkömmlichen Planung mit Hilfe von Papierlayouts bewertet. Dazu erhalten die Probanden die Aufgabe, zu zweit ein Layout für eine Lagerhalle mit Fördertechnik zu errichten. Zunächst erfolgt die Planung mit einem Papierlayout, bei dem die benötigten Funktionselemente zum Ausschneiden bereitliegen und für die Planung positioniert werden können. An die Lösung werden zusätzlich externe Anforderungen hinsichtlich verfügbarer Fläche, benötigter Anzahl an Regalen und der erforderlichen Fördertechnik gestellt. Anschließend wird eine ähnliche Planungsaufgabe mit dem entwickelten 3D-Planungstool ausgeführt. Bild 4 zeigt einen Screenshot des Planungstools, unter des-

sen Nutzung mit den bereits in der Modellbibliothek enthaltenen Funktionselementen ein kleines Layout für eine Lagerhalle entworfen werden kann. Die Gegenüberstellung der beiden Planungsmethoden soll den Probanden eine gute Vergleichsmöglichkeit liefern, sodass sie ihre Erkenntnisse im abschließenden Fragebogen dokumentieren können.

An dem aufgebauten und in Betrieb genommenen mobilen VR-System testen die Kandidaten die drei verschiedenen Interaktionsgeräte. Die 3D-Maus, der Spielcontroller und der Wii-Controller werden für den virtuellen Rundgang durch das dreidimensionale Modell der fml-Versuchshalle eingesetzt. Dabei sollen die Probanden die unterschiedlichen Interaktionsgeräte und deren Ergonomie sowie Handlichkeit kennenlernen.

Alle Probanden füllen nach Abschluss des Labortests einen Fragebogen aus, der Aufschluss über die subjektive Beurteilung des mobilen VR-Systems und des 3D-Planungstools sowie weiteren Fragestellungen liefern soll. Der Fragebogen behandelt dabei folgende Themengebiete:

- Aufbau und Abbau des VR-Systems,
- Ergonomie und Mobilität,
- Layoutplanung in Papierform,
- Layoutplanung mit 3D-Planungstool,
- Visualisierung des VR-Systems sowie
- Navigation und Interaktionsgeräte.

Für die Versuchsreihe wurde für jedes Probandenpaar ein Zeitfenster von 150 Minuten veranschlagt. In der zwei Wochen dauernden Versuchsreihe wurden 18 Probanden getestet.

Ergebnisse der Versuchsreihe

Neben den subjektiven Beurteilungen der Probanden wurde auch eine objektiv-quantitative Bewertung des Zusammenbaus untersucht. So liegt die durchschnittliche Aufbauzeit des VR-Systems bei 15 Minuten. Die Inbetriebnahme und der Aufbau des Systems können folglich sehr schnell erfolgen und stellen sich als unkompliziert dar. Dies bestätigt sich auch in der Aussage der Kandidaten, die zu 75 Prozent den Systemaufbau als leicht empfanden. Positiv wurde auch die Anschlusskennzeichnung der einzelnen Komponenten für die richtige Positionierung gesehen. Vom ergonomischen Gesichtspunkt aus bereitete 94 Prozent der Probanden der Aufbau keine körperlichen Beschwerden, lediglich

6 Prozent empfanden leichte Beschwerden. Insgesamt erhielt die Aufbaufreundlichkeit mit einem Wert von 84 Prozent ein gutes Ergebnis.

Interessant sind die in Bild 5 gezeigten Bewertungen, welche die beiden Planungsmethoden Papierlayoutplanung und das 3D-Planungstool miteinander vergleichen. So wird von den Probanden allgemein die Einarbeitungszeit bzw. die Erlernbarkeit der beiden Verfahren als gleich gut empfunden. Die Bedienung des 3D-Planungstools wird nicht schwieriger empfunden als die Handhabung mit der Papierplanung. Ihren großen Vorteil spielt die 3D-Planung erwartungsgemäß in der Verbesserung des Vorstellungsvermögens aus. So erreicht die Wertung des 3D-Programms beinahe 100 Prozent Zustimmung im Gegensatz zur herkömmlichen Papierplanung mit 69 Prozent im Bezug auf die Verbesserung des Vorstellungsvermögens. Für Personen, denen das Lesen und Verstehen eines 2D-Layoutplans Schwierigkeiten bereitet, bietet das neue Planungswerkzeug einen verbesserten Bezug zum Planungsgegenstand. Subjektiv empfanden die Probanden zudem, dass sich die Planung der gestellten Aufgabe mit dem rechnerunterstützten Planungsprogramm wesentlich schneller vollziehen ließ, als nach dem bisherigen Verfahren. Zudem war ihre Motivation mit dem neuen Programm wesentlich höher, und sie würden diese eindeutig zur Aufgabenbewältigung von Layoutplanungen stärker empfehlen als die Papierform.

Interessant fällt auch die Bewertung bezüglich der Visualisierung des VR-Systems mit seinen Modellen aus. Die Kandidaten empfanden die Darstellung der 3D-Layouts für die Zwecke der Planung als ausreichend realistisch und wünschen sich keinen höheren Detaillierungsgrad. Weitere Texturen und detailgetreuere Modelle würden den Zeitaufwand zum Erstellen erheblich vergrößern. Dieser Aufwand kann unter Berücksichtigung der Umfrageergebnisse vermieden werden. Als kritisch anzusehen ist die Aussage der Testpersonen, dass ein Teil von ihnen während der Versuchsreihe mit Augenermüdung zu kämpfen hatte und die 3D-Ansicht teilweise als unangenehm empfand (vgl. auch [5]). Diese Problematik betrifft einen kleinen Prozentsatz der Bevölkerung, die mit der stereoskopischen Ansicht nicht zu Recht kommt. Abhilfe kann nur eine Visualisierung mit einer zweidimensionalen Projektion schaffen.

Neben der Bewertung der Planungsverfahren war auch die Aussage der Probanden zu den genutzten Interaktionsgeräten wichtig. So zeigte sich der Wii-Controller als absoluter Favorit bei den Interaktionsgeräten. Die Bewertung erfolgte mit der Vergabe von Schulnoten, bei der der Wii-Controller mit einer Durchschnittsnote von 1,61 am besten abschnitt. Die 3D-Maus und der Spielcontroller liegen mit einer Durchschnittsnote von 2,67 und 2,61 etwa gleich auf. Der Wii-Controller wird als durchwegs ergonomisch und handlich in der

Bedienung gesehen. Das umgesetzte Interaktionskonzept inklusive der Navigation wird gut bewertet, und das virtuelle Gehen ermöglicht neue Untersuchungsmöglichkeiten mit Hilfe des VR-Systems.

Zusammenfassung und Fazit

Das Planungstool sowie das mobile VR-System werden von den Testkandidaten als sehr gute Werkzeuge für die Logistikplanung angesehen. Sie verbessern das Vorstellungsvermögen der an der Planung beteiligten Personen deutlich und dienen als kommunikative Grundlage für interdisziplinäre Planungssitzungen. Auch wenn das System nicht als Ersatz für herkömmliche Planungsmethoden in Betracht kommen kann, so kann es doch die Planung in bestimmten Phasen entscheidend unterstützen und diese somit effizienter gestalten. Darüber hinaus stellt es einen wichtigen Baustein zur Umsetzung der digitalen Fabrik dar. Das Forschungsprojekt zeigt, dass sich die heutzutage sehr teuren VR-Systeme – abhängig vom geplanten Aufbau – auch kostengünstig mit handelsüblicher Hardware zusammensetzen lassen (ca. 13.000 Euro). Zudem eignen sich die von der Spielkonsolen-Industrie entwickelten Interaktionsgeräte gut für einen Einsatz in VR-Systemen und werden von den Probanden durchwegs positiv bewertet.

Literatur

- 1 Neugebauer, R.; Barthel, G.; Kolbig, S., Weidlich, D.: Potenziale der Virtuellen Realität. ZWF 97 (2002) 1-2, S.39-42
- 2 Kammergruber, F.; Günthner, W.A.: Virtuelle Logistikplanung. Virtual Reality Magazin (2010) 1+2, S. 24-26
- 3 Hilsendeger, A.; Brandauer, S.; Tolksdorf, J.; Fröhlich, C.: Navigation in Virtual Reality with the Wii Balance Board. In: Virtuelle und Erweiterte Realität – Sechster Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR. Shaker Verlag, Aachen 2009
- 4 Haan de, G.; Griffith, E.; Post, F.: Using the Wii Balance Board as a low-cost VR interaction device. In: Proceedings of the 2008 ACM symposium on Virtual reality software and technology. Bordeaux, Frankreich, S. 289-290
- 5 Janssen, J.-K.; Kuhlmann, U.: Krank durch 3D. c't Magazin für Computertechnik (2010) 11, S. 50-52

Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Florian Kammergruber, geb. 1984, schloss sein Studium des Wirtschaftsingenieurwesens mit Vertiefung in Produktions- und Qualitätsmanagement an der TU Ilmenau 2007 ab. Anschließend war er im Bereich Materialmanagement der MAN Nutzfahrzeuge AG tätig. Seit 2009 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik an der TU München.

Professor Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner leitet seit 1994 den Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) an der TU München. Er ist Gründungsmitglied und Schatzmeister der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e. V., stellvertretender Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirats der BVL und Mitglied des Vorstands der VDI-Gesellschaft GPL.

Danksagung:

Dieses Forschungsprojekt wurde im Auftrag der Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) durchgeführt und aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF) auf Beschluss des deutschen Bundestages gefördert.

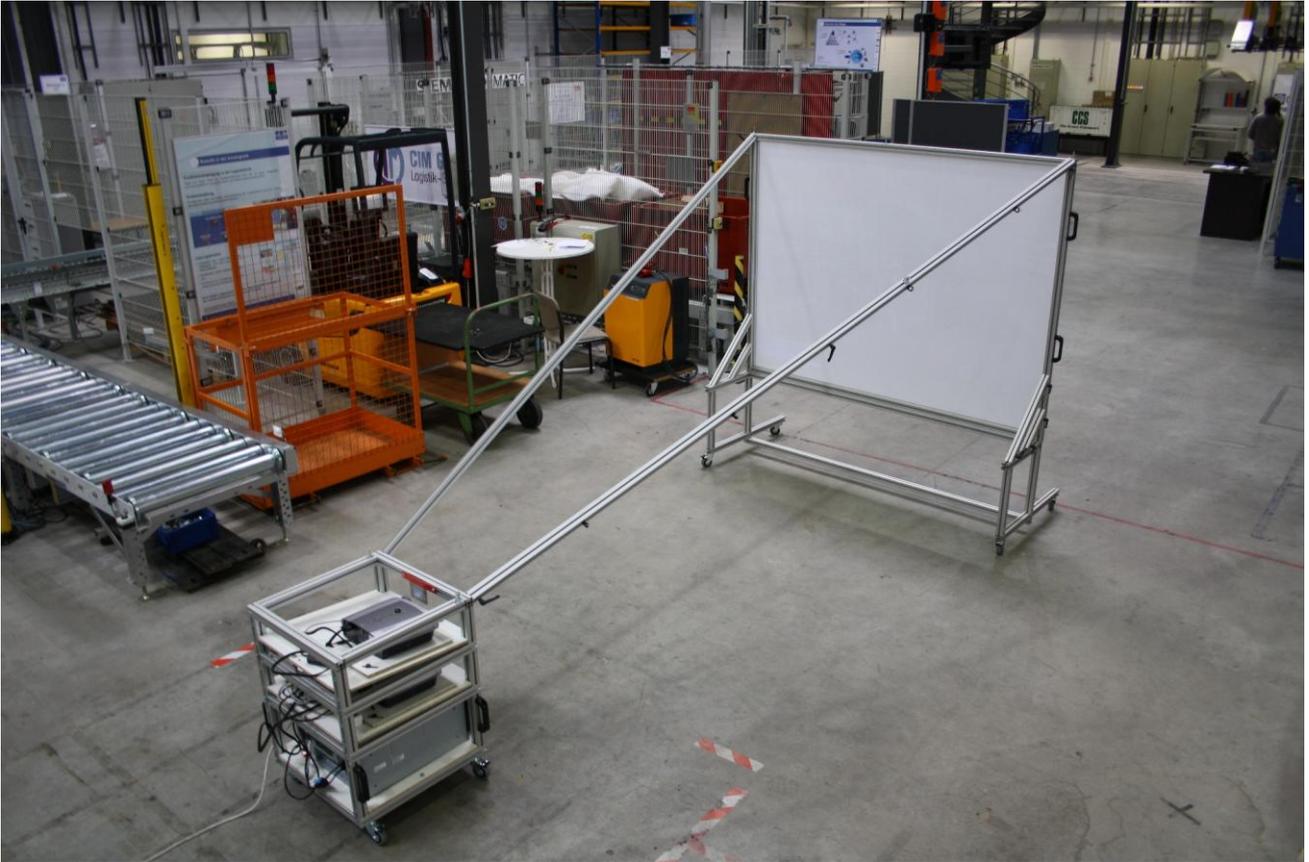


Bild 1. Aufbau und Konstruktionsprinzip des mobilen VR-Systems



Bild 2. 3D-Maus, Spielcontroller und Nintendo Wii-Controller mit Nunchuck

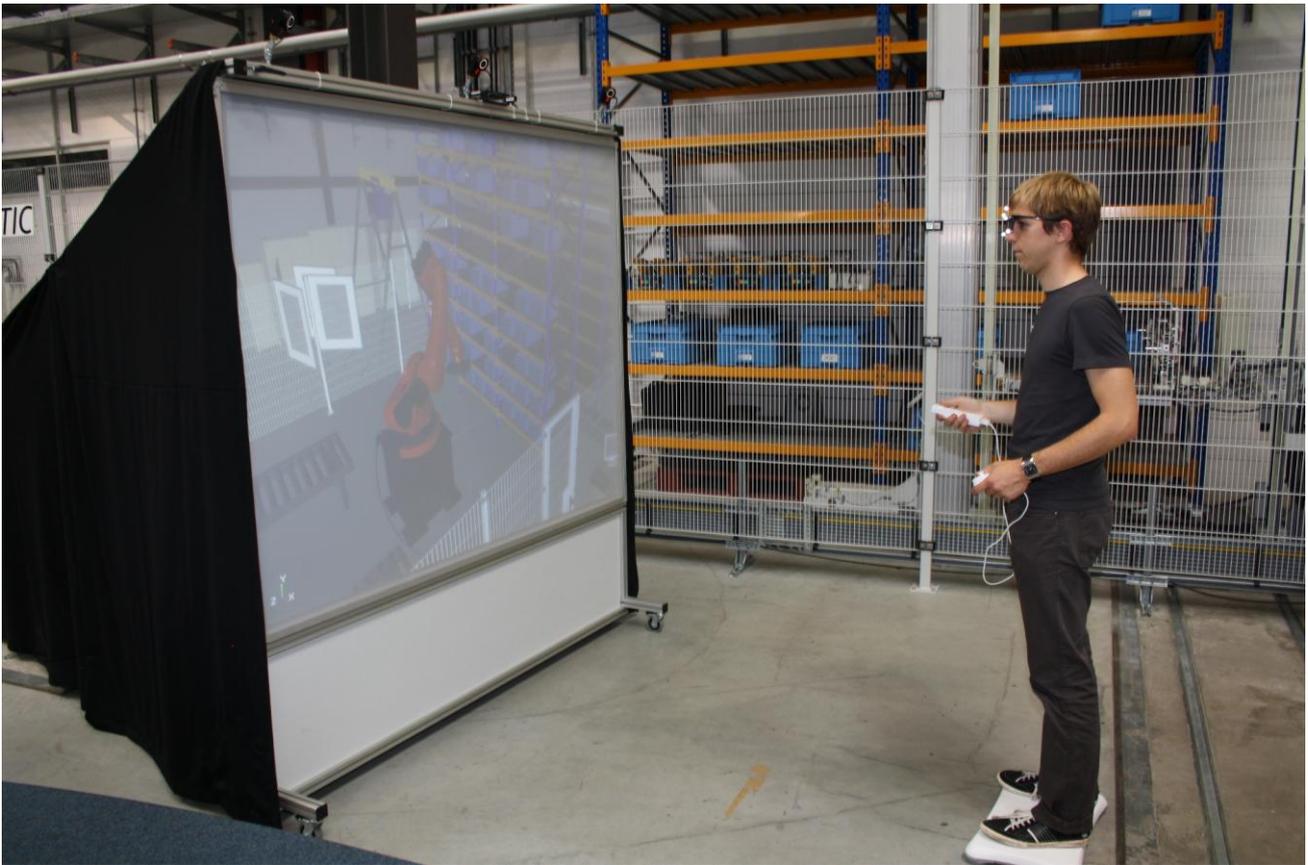


Bild 3. Nutzer vor dem komplett aufgebauten VR-System

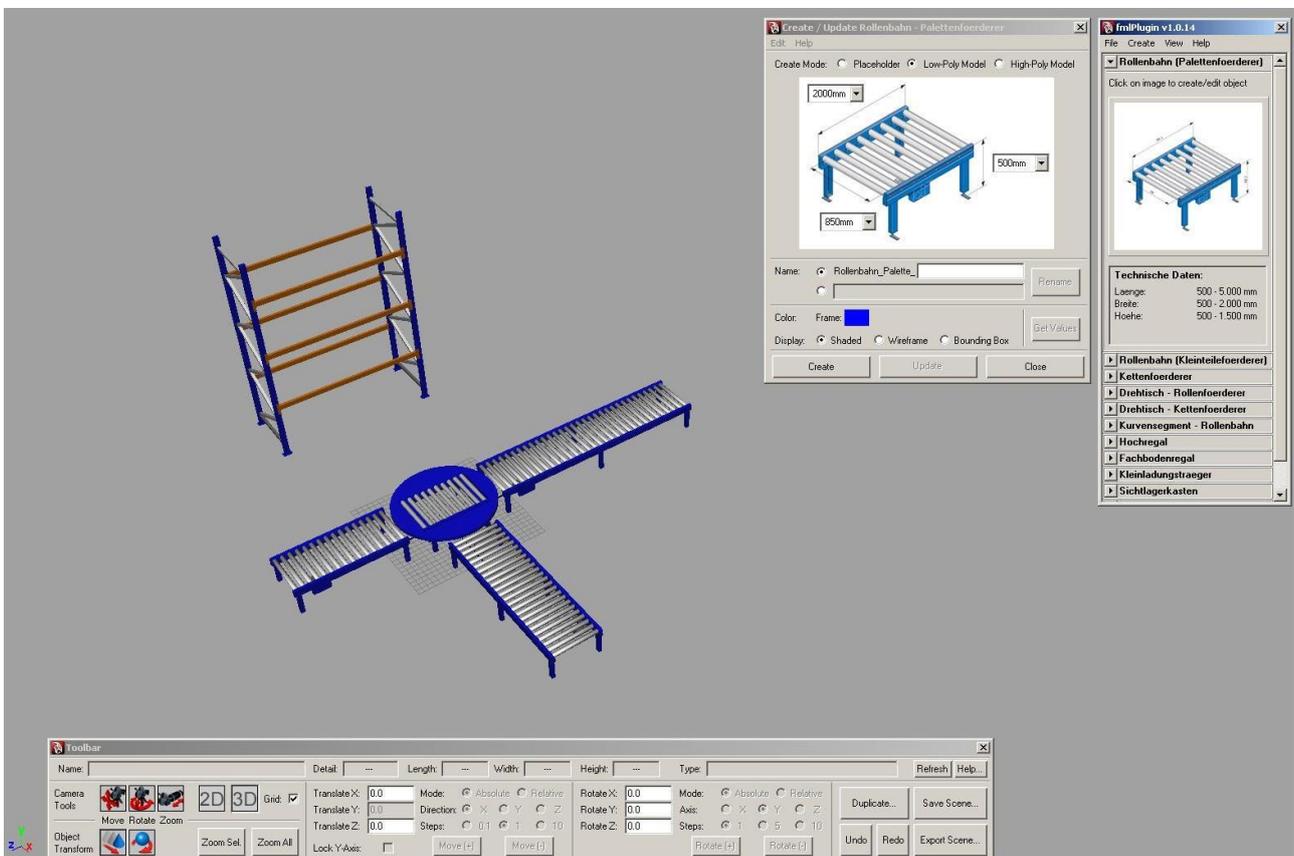


Bild 4. Screenshot des entwickelten 3D-Planungstools

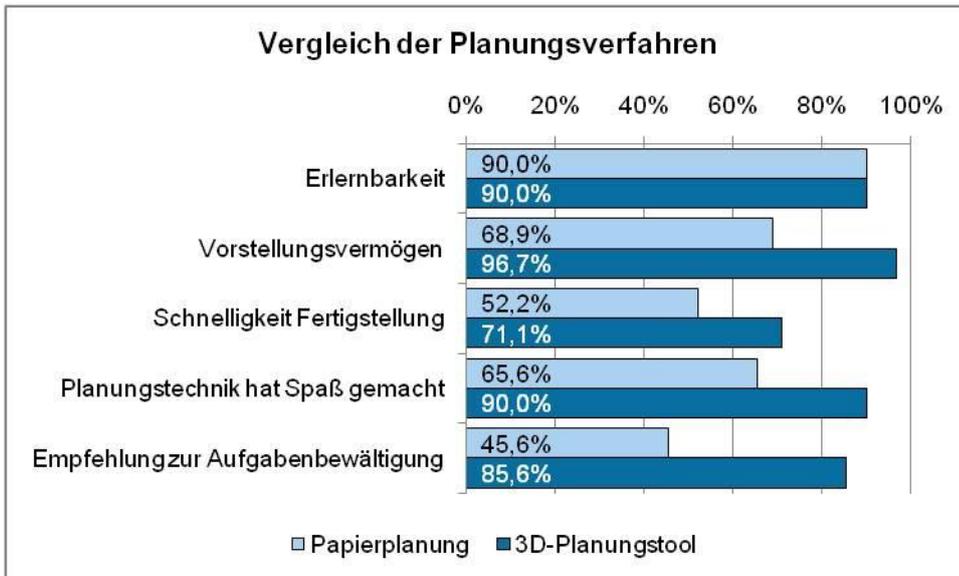


Bild 5. Bewertungsergebnisse zum Vergleich der Planungsmethoden

Kontaktinformationen:

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Florian Kammergruber,

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der TU München

Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching

Tel. +49 (0)89 / 289-15955

Fax +49 (0)89 / 289-15922

E-Mail: kammergruber@fml.mw.tum.de

Internet: www.fml.mw.tum.de