

Szenarien für den Einsatz von VR-Technologien in der maritimen Wirtschaft*

Eik Deistung¹, Axel Friedewald², Benjamin Mesing¹, Christoph Schäfer²

¹Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e.V.
Joachim-Jungius-Straße 11, 18059 Rostock,
E-Mail: {benjamin.mesing,eik.deistung}@rostock.zgdv.de

²Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Produktionsmanagement und -technik
Denickestr. 17, 21073 Hamburg
E-Mail: {friedewald,chr.schaefer}@tuhh.de

Zusammenfassung. Im maritimen Sektor finden sich vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz von VR. In diesem Beitrag werden verschiedene mögliche Einsatzszenarien im schiffbaulichen Lebenszyklus vorgestellt. Drei Szenarien, die aufgrund der Anforderungen aus der Industrie vom ZGDV oder der TUHH bereits umgesetzt wurden, werden ausführlich diskutiert. Dabei wird insbesondere auf die technischen Herausforderungen bei der Umsetzung eingegangen.

1 Einleitung

Der europäische Schiffbau ist geprägt durch die Fertigung von Unikaten und Kleinstserien. Vor diesem Hintergrund ist eine lange Konstruktions- und Fertigungsplanungsphase nicht möglich, da die Kosten dafür nicht über entsprechend hohe Stückzahlen wieder erwirtschaftet werden können. Zudem ist eine möglichst geringe Durchlaufzeit von der Planung bis zur Auslieferung des Schiffes erforderlich. Daher sind die verschiedenen Phasen im schiffbaulichen Lebenszyklus nicht vollständig sequentiell, sondern überlappen einander teilweise (Abb. 1).

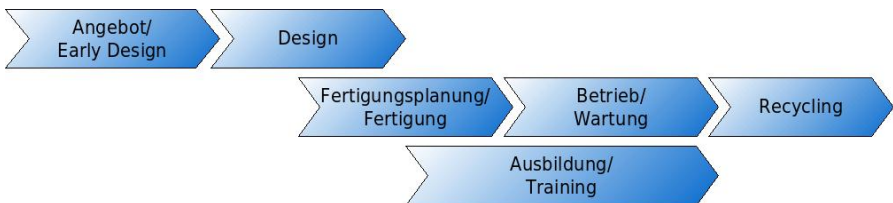


Abb. 1. Lebenszyklus im Schiffbau

Die gewachsene Leistungsfähigkeit der Hardware ermöglicht den Einsatz von VR-Technologien zunehmend auch im maritimen Sektor mit traditionell sehr großen Modellen. Weiterhin hat nach unserer Erfahrung die Skepsis der Entscheidungsträger gegenüber dieser Technologie nachgelassen und es werden die Potenziale und Möglichkeiten des Einsatzes von VR-Technologien erkannt.

* Diese Veröffentlichung wurde im Rahmen des vom BMWi geförderten Projektes USE-VR (FKZ 03SX233B/03SX233C) erstellt

VR-Technologien bieten die Möglichkeit, die Effizienz in den einzelnen Phasen zu erhöhen, und können die Planung von Aktivitäten vereinfachen. So wird beispielsweise noch während des Designs mit der Fertigung begonnen, daher ist eine vollständige und ausgereifte Fertigungsplanung und -optimierung nicht möglich. VR-Anwendungen können eingesetzt werden, um schnell und anschaulich Fertigungsabläufe zu simulieren. Als weiteres Beispiel sei genannt, dass es wünschenswert ist, die zukünftige Besatzung schon vor der Auslieferung des Schiffes zu trainieren, damit es möglichst bald nach Auslieferung den Betrieb aufnehmen kann. Hier bieten sich VR-Anwendungen an, mit deren Hilfe die Nutzer sich mit dem Schiff vertraut machen können.

In diesem Beitrag wird kurz das der Veröffentlichung zugrunde liegende Verständnis von Virtueller Realität erklärt. Dann werden einige verwandte Arbeiten aufgeführt. Anschließend werden verschiedene mögliche Szenarien für den Einsatz von VR vorgestellt und für drei ausgewählte Szenarien die bei deren Realisierung auftretenden technischen Herausforderungen diskutiert. Die Diskussion erfolgt auf Basis von Erfahrungen, die bei der beispielhaften Umsetzung der Szenarien in der Praxis gemacht wurden. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick.

2 Virtuelle Realität

Virtuelle Realität stellt eine Mensch-Maschine-Schnittstelle dar, die es dem Anwender ermöglicht, sich in einer immersiven und dreidimensionalen Modellwelt zu bewegen und mit virtuellen Objekten in Echtzeit zu interagieren. Die Immersion beschreibt dabei das Gefühl, sich vollkommen innerhalb einer künstlichen Modellwelt zu bewegen. Die Interaktivität erlaubt dem Anwender über entsprechende Eingabemedien, wie z.B. einem Datenhandschuh, intuitiv innerhalb der virtuellen Welt zu navigieren und virtuelle Objekte zu manipulieren. Je nach verwendeter Technologie und Anwendungsszenario sind die Merkmale Immersion und Interaktion unterschiedlich stark ausgeprägt, sind aber immer vorhanden.

3 Verwandte Arbeiten

In [Luk06] diskutiert der Autor die Herausforderungen und die strategische Bedeutung der Schiffbauindustrie für Europa. Die Potenziale von VR zur Effizienzsteigerung im schiffbaulichen Lebenszyklus werden diskutiert und verschiedene Szenarien für deren Einsatz vorgestellt. In [NFK04] und [NFK05] werden verschiedene mögliche Szenarien für den Einsatz von VR und damit verbundene Einsparpotenziale vorgestellt.

Weitere Veröffentlichungen beschäftigen sich mit dem Einsatz von VR in bestimmten Bereichen, wie beispielsweise [FGY04], worin der Einsatz einer Mixed-Reality-Technologie zum Training für Schweißarbeiten beschrieben wird, oder [TSK97], worin die Verwendung von VR zum Training der Besatzung zur Feuerbekämpfung beschrieben wird.

Den vorgestellten Veröffentlichungen ist gemein, dass sie sich auf die Beschreibung der Szenarien sowie der Einsatzmöglichkeiten beschränken, deren technische Realisierung aber nur teilweise ansprechen.

4 Szenarien und deren Umsetzung

Im schiffbaulichen Lebenszyklus, vom Angebot bis zum Recycling, lassen sich verschiedenste Szenarien für den Einsatz von VR identifizieren:

- Marketing (z.B. Erstellung qualitativ hochwertiger Stereo-Videos oder interaktive VR-Präsentationen von Produktentwürfen),
- Design-Review,
- Ergonomieuntersuchungen (z.B. Analyse von Erreichbarkeit auf Basis von Menschmodellen),
- Ein-/Ausbau-Simulation,
- Fertigungsplanung,
- Training (z.B. Training der Besatzung für Arbeitsabläufe, aber auch für Katastrophenfälle) und
- Demontageunterstützung.

Auf drei Szenarien, die aufgrund der Anforderungen aus der Industrie bereits prototypisch vom Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e.V. (ZGDV) bzw. der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) umgesetzt wurden, wird in diesem Abschnitt näher eingegangen.

Design Review

Beim Design-Review kommen Vertreter verschiedener Gewerke zum Review des bisherigen Konstruktionsstandes zusammen, um mögliche Konflikte und Probleme aufzudecken. Vielfach nehmen auch Vertreter der Fertigung und des Projektmanagements teil. Da die Teilnehmer unterschiedlich gut mit den CAD-Anwendungen vertraut sind, kann eine Visualisierung im CAD-System fehlinterpretiert werden und so zu Missverständnissen führen. Stattdessen bieten sich VR-Technologien für die Durchführung des Design-Reviews an, da dort aufgrund der hohen Übereinstimmung mit der Alltagserfahrung die Wahrscheinlichkeit für Fehlinterpretationen minimiert ist. Zudem erlauben es die intuitiven Eingabemöglichkeiten allen Beteiligten, die Steuerung der Review-Session zu übernehmen und für sie relevante Punkte zu betrachten.

Häufig werden die Daten, die beim Design-Review visualisiert werden, von verschiedenen Zulieferern, Konstruktionsbüros und der Werft selber konstruiert, die die oft unterschiedliche CAD-Systeme einsetzen. Diese Modelle müssen alle gemeinsam dargestellt werden. Prinzipiell bestehen zwei Möglichkeiten, um die Daten gemeinsam in einer VR-Software zu visualisieren:

1. Die VR-Software unterstützt das Einladen mehrerer Modelle sowie aller erforderlichen Formate.
2. Die Daten werden von externen Werkzeugen in ein von der VR-Anwendung unterstütztes Format umgewandelt und gegebenenfalls zusammengeführt.

Dabei hat sich bisher der zweite Weg als der besser gangbar erwiesen, da die meisten CAD-Anwendungen einen Export der Geometrie in ein offenes Format wie VRML oder 3D-DXF anbieten, wohingegen die anwendungseigenen Datenformate zumeist nicht offengelegt sind und daher von vielen VR-Anwendungen nicht unterstützt werden.

Die Datenkonvertierung hat allerdings den Nachteil, dass dabei häufig Metainformationen wie Fertigungstoleranzen, Freigabestatus und zum Teil sogar die Strukturinformationen verloren gehen [HD06]. Zwischenformate wie JT oder X3D, die Metainformationen speichern können, können genutzt werden, um einen Verlust der Metadaten zu vermeiden. Weitere bei der Datenkonvertierung auftretende Probleme sowie mögliche Lösungsansätze werden in [HD06] diskutiert.

Am ZGDV wurde eine prototypische Umsetzung einer Software für Design-Reviews entwickelt [LSHSW05], welche auf VRML als Austauschformat basiert. Für den Zugriff auf die Metadaten wurde eine Anbindung an ein PDM-System entwickelt, womit auch die Aktualität der Daten gesichert ist. Die Metainformationen werden in der VR-Anwendung in Textform bei der Selektion eines Bauteils miteingeblendet. Das System unterstützt weiterhin die Durchführung eines verteilten Design-Reviews, bei dem sich die Teilnehmer an unterschiedlichen Standorten befinden können. Voraussetzung dafür ist, dass allen Teilnehmern das Modell zur Verfügung steht.

Ein-/Ausbausimulation

Ein Schiffsmaschinenraum ist gekennzeichnet durch seine besonders hohe Komplexität, die durch die Integration unterschiedlichster Systeme und Komponenten bedingt ist. Er stellt daher sowohl in der Design- und Fertigungsphase eine besondere Herausforderung für die Ingenieure dar als auch beim Betrieb des Schiffes. Wie der Maschinenraum gestaltet wird, gibt maßgeblich die Hauptmaschine als wertintensivstes System eines Schiffes vor. Gleichzeitig muss eine möglichst hohe Packungsdichte im Maschinenraum erreicht werden, um die Kapazität für Nutzlasten zu maximieren. Bei der Anordnung der erforderlichen Systeme muss beachtet werden, dass Freiräume für Wartungsarbeiten an der Hauptmaschine eingehalten werden. Aufgrund der Komplexität des Maschinenraums und der ebenfalls komplexen Montage- und Transportvorgänge von Maschinenteilen wird dem Ingenieur dazu ein sehr hohes räumliches Darstellungsvermögen abverlangt. Gleichzeitig ist es nur mit sehr hohem Zeitaufwand möglich, bei allen Änderungen die Servicefreiräume im 3D-CAD-System zu überprüfen, weil Kollisionsüberprüfungen bei Bewegungen auf Montagepfaden manuell durchgeführt werden müssen.

Um die einzelnen Serviceoperationen zu untersuchen, sind Animationen notwendig, die die Montageabläufe darstellen. Beispielsweise müssen beim Ausbau eines Zylinders der Hauptmaschine drei wesentliche Montageschritte vollzogen werden. Zunächst muss das Kipphebelgehäuse, dann der Zylinderkopf und anschließend der Zylinder demontiert werden. Die Abläufe und erforderlichen Ausbauräume werden vom Hersteller der Schiffsmaschine spezifiziert und müssen von den Ingenieuren der Werft eingehalten werden. Entsprechend den technischen Dokumentationen werden nun Demontageanimationen erzeugt und dem Ingenieur in der VR-Software bereitgestellt. Er kann die Animationen gezielt starten, pausieren oder wiederholen, um die eintretenden Situationen zu analysieren. Dabei wird er durch VR-spezifische Funktionen unterstützt, z.B. Kollisionsbetrachtung in Echtzeit, Messwerkzeuge oder Dokumentationsfunktionen (Marker, Screenshots, Videos etc.).

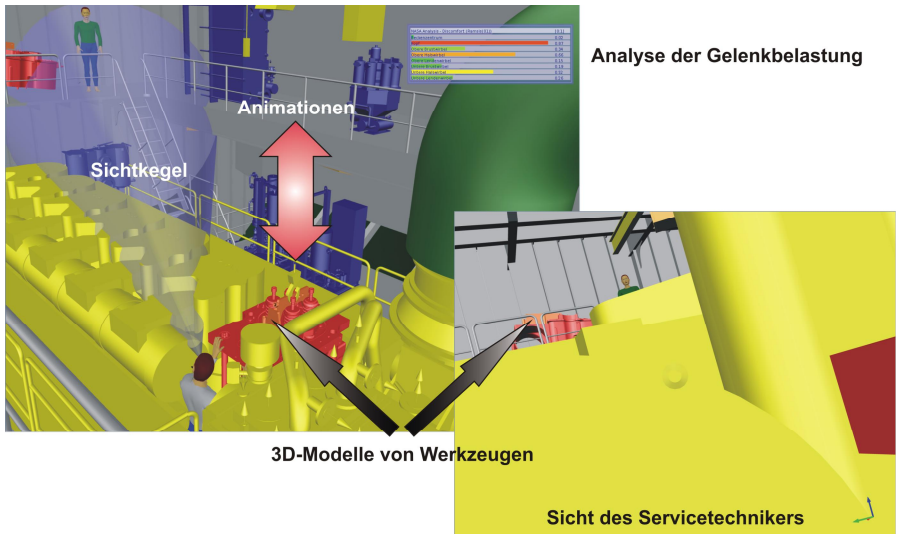


Abb. 2. Ein-/Ausbausimulation mit Animation und virtuellen Menschmodellen

Neben den 3D-Modellen von Hauptmaschine, Aggregaten, Werkzeugen und Stahlkonstruktion des Schiffs werden virtuelle Menschmodelle eingesetzt. Die Untersuchungen umfassen dabei die vorhandenen Arbeitsräume unter Berücksichtigung von verwendeten Werkzeugen sowie die Kommunikationsmöglichkeiten, die sich im Wesentlichen auf den Blickkontakt zu den Kollegen beschränken. Dazu werden die verfügbaren Werkzeuge der virtuellen Menschmodelle angewendet, z.B. Sichtfeld- und Greifraumuntersuchungen. Komplexe Bewegungsabläufe können von den Ingenieuren über das Tracking der VR-Software aufgezeichnet und wiedergegeben werden. Dadurch ist auch bei diesen Bewegungsabläufen eine exakte Analyse möglich. Abb. 2 zeigt ein Beispiel für den Einsatz virtueller Menschmodelle. Dargestellt ist die oben angesprochene Ausbausituation für den Zylinderkopf, der mit dem Deckenkran abgehoben und transportiert wird. Die Animation wurde in dem Bild angehalten, um die Kommunikationsmöglichkeiten der beiden Servicetechniker zu überprüfen. Der Werker, der den Zylinderkopf mit seinen Händen führt, kann den Kranbediener kaum sehen. Sein Sichtfeld (in der Abbildung der blaue Kegel) wird von der Hauptmaschine verdeckt. Sichtkontakt ist nur mit starker (gelb) bzw. extremer (rot) Verrenkung von Hals und Kopf möglich, wie in der Haltungsanalyse zu erkennen ist.

Wie bereits für das erste Szenario dargelegt wurde, müssen auch für dieses Szenario zur Ein- und Ausbausimulation unterschiedlichste 3D-Modelle vorgehalten bzw. beschafft und zusammengeführt werden. Neben den 3D-CAD-Daten aus den schiffbauspezifischen 3D-CAD-Systemen (z.B. Nupas Cadmatic) werden Daten aus weiteren 3D-CAD-Systemen benötigt, z.B. vom Hersteller der Hauptmaschine, aber auch von den Zulieferern und Subunternehmen der Werft [NFK04]. Kritisch ist dabei, dass noch nicht alle Konstruktionsdaten in Form von 3D-CAD vorliegen und existierende 3D-CAD-Daten häufig nachbearbeitet werden müssen [NFK05]. Beispielsweise ist von einem Aggregat lediglich die Hüllgeometrie für die

Untersuchung in VR interessant, ein entsprechendes 3D-CAD-Modell kann daher reduziert (entkernt) werden, um die Polygonanzahl zu reduzieren. Zu diesem Zweck werden heute bereits geeignete Werkzeuge durch die VR-Software bereitgestellt, was voraussetzt, dass der Zulieferer seine 3D-CAD-Daten - und damit sein Konstruktions-Know-how - an die Werft weitergibt.

Die direkte Anbindung schiffbauspezifischer 3D-CAD-Systeme an eine marktübliche VR-Software gestaltet sich weiterhin schwierig, da neben den eigenen proprietären Formaten kaum Exportmöglichkeiten aus dem CAD-System bestehen. Speziell entwickelte Ansätze bringen Nachteile mit sich, z.B. können nur standardisierte, parametrisierbare 3D-Geometrien exportiert werden. Als Alternative bleibt auch hier nur der indirekte Weg über das neutrale VRML-Format, das zunehmend auch von schiffbauspezifischen CAD-Systemen im Export unterstützt wird. Damit bei Änderungen am Design die Ein-/Ausbausimulation schnell durchgeführt werden kann, müssen die 3D-Modelle für Werkzeuge sowie die Bewegungsinformationen für Bauteile (Montagepfade) und virtuelle Menschmodelle unabhängig von den importierten 3D-CAD-Daten abgelegt werden. So können die Daten in einer aktuellen Version aus dem CAD-System importiert und die Ein-/Ausbausimulation durch Hinzuladen von Werkzeugen und Bewegungsinformationen direkt und ohne langwierigen Vorbereitungsaufwand durchgeführt werden.

Training

Durch die Reduzierung der Besatzungsstärke müssen Einzelne immer mehr Aufgaben übernehmen, und auch die Komplexität der Systeme auf dem Schiff ist stark angestiegen. Dies stellt neue Herausforderungen an die Ausbildung der Mannschaft, mit der möglichst schon vor Fertigstellung des Schiffes begonnen werden sollte. Am ZGDV wurden Lösungen für zwei verschiedene Trainingsszenarien entwickelt, die nachfolgend vorgestellt werden.

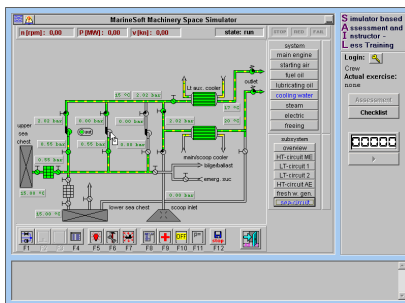


Abb. 5. Systemübersicht des Kühlsystems im Simulator

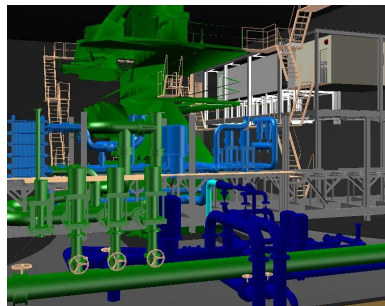


Abb. 6. Darstellung des Maschinenraums im VR-System

Die erste Lösung dient dazu, die Besatzung für die Bedienung des Maschinenraumes zu trainieren. Die Lösung basiert auf einem kommerziellen Maschinensimulator der Firma MarineSoft, der für Trainingszwecke eingesetzt wird und eine große Anzahl an Systemen des Schiffes (z.B. elektrische Systeme, verschiedene Kreisläufe wie Kühlwasser und Öl) simuliert. Der Simulator bietet eine schematische Übersicht über die Systeme und die Bedienelemente (Abb. 5). Mit dem

Simulator ist eine VR-Anwendung gekoppelt, in der der Maschinenraum in VR dargestellt wird (Abb. 6). Die Kopplung zwischen VR-Repräsentation und Simulator ist bidirektional, die im Simulator berechneten Werte werden in der VR-Repräsentation auf den entsprechenden Anzeigen dargestellt, und wenn im virtuellen Maschinenraum ein Ventil geöffnet oder geschlossen wird, so wird diese Änderung auch im Simulator vorgenommen. Die Kopplung erfolgt über HLA, einer Schnittstelle für den zuverlässigen Austausch von Simulationsdaten [DFM97]. Der Vorteil des Einsatzes von VR liegt darin, dass die Maschinenraumelemente in ihrer realen Position und Umgebung dargestellt werden. Während im Simulator einfach nur auf ein Ventil in der schematischen System-Sicht geklickt werden muss, muss der Auszubildende in der VR-Anwendung erst zum richtigen Ventil "laufen" und dazu eventuell den Raum oder das Deck wechseln. So ist es möglich, die Mannschaft in einer deutlich realitätsnäheren Umgebung zu trainieren.



Abb. 7. Szenen aus dem Brandbekämpfungsspiel beim Löschen des Motors

Ein weiteres Szenario, das im ZGDV in Kooperation mit MarineSoft und dem Institut für Schiffssicherheit (ISV) umgesetzt wurde, ist eine spielebasierte Trainingsanwendung. Es handelt sich dabei um ein Trainingsspiel zur Feuerbekämpfung auf Schiffen. Auch wenn es sich bei spielebasierten Trainingsanwendungen nicht um klassische VR-Anwendungen handelt, weisen Spiele doch, ebenso wie VR-Anwendungen, einen hohen Immersionsgrad auf. Das Spiel umfasst mehrere Szenarien. Beispielhaft soll hier eines aufgegriffen werden: *Im Maschinenraum ist ein Feuer ausgebrochen, eine Person wird vermisst. Der Spieler übernimmt die Rolle des Löschtruppführers und hat die Aufgabe, die Person zu retten und das Feuer zu löschen.* Die Spielesteuerung erfolgt über die Ego-Perspektive (Abb. 7). Das Spiel wurde mithilfe der Game-Engine Delta3D implementiert [DELTA3D]. Die CAD-Daten können nach entsprechender Aufbereitung als Trainingsumgebung genutzt werden. Weiterhin kann auch eine Kopplung mit externen Simulatoren über eine HLA-Schnittstelle erfolgen. Ziel der Anwendung ist es, das verpflichtende Feuerbekämpfungstraining für Seemänner effektiver zu gestalten, wobei es das echte Training mit Feuer ergänzen kann. Es ist sehr gut geeignet, den richtigen Ablauf und das richtige Verhalten bei Feuer zu vermitteln und somit Fehler zu vermeiden. Wird im Spiel ein schwerwiegender Fehler gemacht, wird das Spiel beendet und durch Cut-Szenen (Video-Einblendungen des sinkenden Schiffes oder der sterbenden Person) werden die schwerwiegenden Konsequenzen verdeutlicht.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Veröffentlichung wurden verschiedene mögliche Szenarien für den Einsatz von VR im schiffbaulichen Lebenszyklus vorgestellt. Für die Szenarien Design-Review, Ein-/Ausbausimulation und Training wurde die Umsetzung durch die TUHH bzw. das ZGDV skizziert und die auftretende technischen Probleme wurden diskutiert. Für die Szenarien wurde der Mehrwert, der durch den Einsatz von VR erreicht wird, herausgestellt.

Die nahtlose Integration von VR-Anwendungen in die Prozesse des Schiffbaus erfordert noch weitere Anstrengungen. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Zugriff auf die CAD-Daten unter Beibehaltung der Metainformationen als Datenbasis für die VR-Anwendungen. Für einige schiffbautypische CAD-Anwendungen, wie z.B. Tribon M3, ist dies noch nicht komplett automatisierbar. Für die Anzeige von Meta-Informationen sind möglicherweise neue Konzepte zu erforschen, die über das klassische Textfeld hinausgehen und sich direkt in die Szene integrieren. Diese Fragestellungen werden im Rahmen des vom BMWi geförderten Projektes USE-VR [USE-VR] untersucht.

Literatur

- [DELTA3D] <http://www.delta3d.org/>, Offizielle Homepage der Delta3D-Game Engine, **2007**.
- [DFM97] Dahmann, J. S.; Fujimoto, R. M. und Weatherly, R. M.
The Department of Defense: High Level Architecture in *WSC '97: Proceedings of the 29th conference on Winter simulation*, ACM Press, **1997**, 142-149
- [FGY04] Fast, K., Gifford, T. and Yancey, R.
Virtual Training for Welding in *ismar*, *IEEE Computer Society*, **2004**, 00, 298-299
- [HD06] Hellmich, C. und Deistung, E.
Virtuelle Produktpräsentationen der MS Dresden: Nutzung von CAD-Modellen in multimedialen Anwendungen. *Kongress Multimediaetechnik 2006*, Wismar, 79-91
- [LSHSW05] von Lukas, U., Schulte, G., Hayka, H., Scheller, M. und Wolf, A.
InViS - Integrierter Virtueller Schiffbau
Fraunhofer Publica [<http://publica.fraunhofer.de>] (Germany), **2005**
- [Luk06] von Lukas, U.
Weiss, Z. (ed.)
Virtual and Augmented Reality in the Maritime Industry in *Virtual Design and Automation : New Trends in Collaborative Product Design*, Publishing House of Poznan University of Technology, **2006**, 193-201
- [NFK04] Nedeß, C.; Friedewald, A. und Kerse, N.
Virtual Reality - Potenziale durch interaktive 3D-Visualisierung im Schiffbau in *Hansa International Maritime Journal*, **2004**, 07/2004
- [NFK05] Nedeß, C.; Friedewald, A. und Kerse, N.
Increasing Customer's Benefit using Virtual Reality (VR) - Technologies in the Design of Ship Outfitting in *Proceedings of the 4th International EuroConference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT 2005)*, **2005**, 113-122
- [TSK97] Tate, D. L., Sibert, L. und King, T.
Virtual environments for shipboard firefighting training beim *Virtual Reality Annual International Symposium, 1997.*, IEEE 1997, **1997**, 61-68, 215
- [USE-VR] <http://use-vr.de>, Offizielle Homepage des USE-VR Projektes, **2007**