

Zukunftstrends in den Bereichen Verteilte Simulation und Verteilte Virtuelle Umgebungen

Future Trends in Distributed Simulation and Distributed Virtual Environments

Steffen Straßburger, Ilmenau University of Technology, Ilmenau (Germany)
Thomas Schulze, Otto-von-Guericke University, Magdeburg (Germany)

Abstract: This paper summarizes the results of a peer study on future trends in distributed simulation and distributed virtual environments initiated by the Fraunhofer IFF. The study is based on the opinions of more than 60 experts which were collected by means of a survey and personal interviews. Most important result of this study is the fact that both distributed simulation and distributed virtual environments as research areas are attributed a high future practical relevance and a high economic potential. At the same time the study shows that the current adoption of the technologies in the industrial sector is rather low. The study also analyses reasons for this observation and identifies open research challenges in these areas.

1 Einleitung

Dieser Beitrag fasst die Ergebnisse einer Studie zu Zukunftstrends in den Bereichen Verteilte Simulation und Verteilte Virtuelle Umgebungen (Straßburger et al. 2008) zusammen. Die Studie und die in ihrem Rahmen durchgeführte Umfrage wurde vom Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg initiiert und von einem unabhängigen Forscherteam durchgeführt. Die Studie war Bestandteil der Strategiefindungsphase zum Aufbau eines Zentrums für Innovationskompetenz mit dem Namen „Innovations- und Forschungszentrum für verteilte, interoperable Virtuelle Realität und Simulation“.

Im Kern der Studie wurden die Forschungsgebiete der Verteilten Simulation und der Verteilten Virtuellen Umgebungen und deren Zukunftspotential untersucht.

Unter verteilter Simulation (VS) wird im Allgemeinen die gleichzeitige Ausführung von mehreren Simulationsmodellen auf einem oder mehreren Prozessoren bzw. Rechnern bezeichnet (Fujimoto 2000). Die Ziele der Nutzung verteilter Simulationen sind vielfältig und reichen z.B. vom Wunsch nach einem *Speed-up* (d.h. einer Beschleunigung der Simulation durch deren Ausführung auf mehreren Prozessoren) bis hin zum Wunsch der Kopplung heterogener und ggf. räumlich verteilter Simula-

tionskomponenten, um bestimmte Fragestellungen überhaupt erst simulieren zu können.

Unter verteilten virtuellen Umgebungen (VVU) werden typischerweise verteilte, echtzeitbasierte Simulationen verstanden, die über eine grafische 3D-Visualisierung der simulierten Umgebung verfügen, mit der räumlich bzw. geografisch verteilte Nutzer interagieren können.

Verteilte virtuelle Umgebungen stellen somit im engeren Sinne ein Teilgebiet der verteilten Simulation dar.

2 Die Umfrage im Überblick

Die Umfrage wurde offiziell im Zeitraum von 15. September 2007 bis zum 15. Oktober 2007 durchgeführt und adressierte in erster Linie die Experten der Gebiete VS und VVU. Die Umfrage wurde in elektronischer Form verteilt und entsprechend von den Teilnehmern bearbeitet. Die Verteilung der Umfrage erfolgte über relevante Konferenzverteiler, wie WSC, PADS und ASIM sowie durch ein direktes Anschreiben der Mitglieder der Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) und der SimSummit-Initiative.

Die Umfrage wurde insgesamt von 61 Teilnehmern beantwortet. Die Mehrheit der Teilnehmer (67%) kommt aus Forschungseinrichtungen, 20% aus der Industrie und 10% aus dem Verteidigungssektor (Abb. 1).

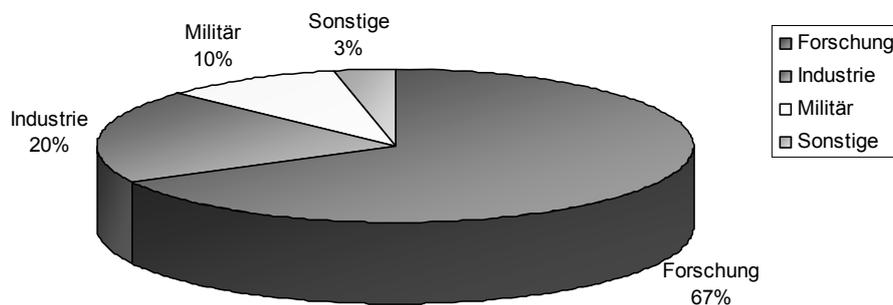


Abbildung 1: Zusammensetzung der Umfrageteilnehmer

Die Teilnehmer wurden weiterhin gebeten, ihre Beziehung zu den Themen VS und VVU zu klassifizieren. 92% der Teilnehmer sind den Antworten zufolge direkt mit diesen Themen involviert, entweder als Forscher/Entwickler (79%) oder als Anwender (13%).

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Antworten der Teilnehmer substantiierte Aussagen zum State-of-the-Art der Forschung sowie zu offenen Forschungsfragen treffen.

3 Praxisrelevanz der Technologien VS und VVU

Der erste Teil der Umfrage adressierte die aktuelle und zukünftige Relevanz der Technologien für praktische Anwendungen. Weiterhin wurde versucht, die Anwendungsgebiete zu identifizieren, in denen die Experten das höchste ökonomische Potential vermuten und in denen der höchste Nutzen der Technologien liegt.

3.1 Relevanz

Die Experten wurden zunächst gebeten, bestimmte vorgegebene Anwendungsfelder bzgl. ihrer zukünftigen Relevanz für praktische Anwendungen auf einer Skala von 5 (höchste Relevanz) bis 0 (keine Relevanz) zu bewerten. Aus Abbildung 2 ist erkennbar, dass von den vorgeschlagenen Anwendungen Nr. 2, 3 und 4 die höchste Relevanz zugesprochen wird.

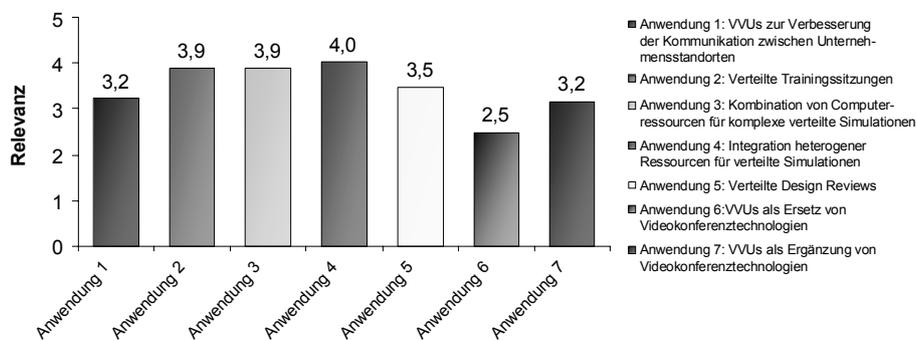


Abbildung 2: Bewertung vorgeschlagener Anwendungsszenarien

Die am höchsten bewertete Anwendung (Nr. 4) schlägt die Verwendung von verteilter Simulation zur Kombination von heterogenen Ressourcen vor. Diese Anwendung wird dicht gefolgt von Anwendung Nr. 3, die die Anwendung von verteilter Simulation zur Kombination von Rechnerressourcen (unter dem Gesichtspunkt des Performancegewinns) betrachtet.

Von beiden Anwendungstypen kann erwartet werden, dass sie eine bedeutende Rolle in Unternehmen spielen werden, die hinreichend komplex sind, so dass sie eine Integration von Simulationsanwendungen über mehrere geographisch verteilte Standorte benötigen.

Anwendung Nr. 2, welche als Anwendungsszenario verteilte Trainingssessions betrachtet, wird ebenfalls eine hohe zukünftige Relevanz zugesprochen. Dies ist leicht nachvollziehbar, da verteilte virtuelle Trainingssitzungen ein gutes Mittel sind, um geographisch verteilte Experten für Assistenz- oder Trainingszwecke mit dem Trainee zusammenzubringen.

Diesen drei bisher diskutierten Anwendungen folgt in der Rangfolge der Bewertung Anwendung Nr. 5 ("Verteilte Design Reviews"), welche noch eine Bewertung von

3,5 erhält. Dies erlaubt die Interpretation, dass viele Teilnehmer diese Anwendung auch noch als relevantes Zukunftsthema erwarten.

Die Nutzung von Verteilten Virtuellen Umgebungen als Ersatz heutiger Videokonferenztechnologien wird als ein eher untergeordnetes Thema betrachtet, jedoch könnten VVUs als Ergänzung von Videokonferenztechnologien zukünftig eine Rolle spielen.

So sind zukünftig durchaus Mixformen vorstellbar, in denen z.B. die traditionelle Videoübertragung mit interaktiven 3D-Views des diskutierten Objektbereiches kombiniert wird, oder Lösungen, bei denen die Videoübertragung in die virtuelle Szene integriert wird.

Neben der Bewertung der vorgegebenen Anwendungsvorschläge wurden die Teilnehmer gebeten, eigene Anwendungsszenarien zu benennen, denen sie eine hohe zukünftige Relevanz zusprechen.

Die hierbei gegebenen Antworten lassen sich in die Hauptkategorien Integrationsaspekte, Produktion und Produktentwicklung einteilen. Im Bereich Integrationsaspekte wird hierbei argumentiert, dass

- durch verteilte Simulation die geographische Trennung von Simulationswerkzeuge und –ressourcen und dem Ort ihrer Anwendung überwunden werden kann,
- unterschiedliche Firmenstandorte und deren Zulieferer ihre Simulationsressourcen kombinieren und damit ihre Kooperationsprozesse verbessern können, und
- VVUs die generelle Kommunikation zwischen Projektpartnern (Manager, Architekten, Designer, End-Nutzer, ...) verbessern können.

Im Bereich Produktion werden insbesondere Anwendungen bei der verteilten Planung neuer Fertigungslinien gesehen, z.B. bei der Integration von Lieferanten, Anlagenherstellern und OEMs.

Ein spezieller Fokus, der auch mit weiteren Fragen untersetzt wurde, ist der Bereich der Produktentwicklung, da VS und VVU eine wichtige technologische Basis für die Realisierung des *Collaborative Engineering* bilden. Es wird generell eingeschätzt, dass VS- und VVU-Technologien eine hohe Relevanz zur Verbesserung des gesamten Lebenszyklus von zukünftigen Produkten haben und dass die Anwendbarkeit nicht auf eine singuläre Phase des Produktlebenszyklus beschränkt ist. Anwendungen sind natürlich verstärkt in der Produktentwicklung, jedoch auch in den Phasen des Produktbetriebes und der Produktwartung denkbar.

Ein besonders interessantes Problem in der Produktentwicklung, zu dem die VS-Technologie neue Lösungsformen anbietet, die in der Endkonsequenz zu neuen Kooperationsformen von Unternehmen führen können, betrifft den Know-How-Schutz. Hochkomplexe Produkte (Automobile, Flugzeuge, ...) bestehen typischerweise aus einer Vielzahl von Komponenten, die durch Zulieferer gefertigt werden. Typischerweise wollen die einzelnen Komponentenhersteller das Know-How ihrer Komponenten schützen. Insbesondere in frühen Entwicklungsphasen ist es jedoch notwendig, Simulationen des Gesamtproduktes durchzuführen. Traditionell wäre

hierfür eine komplette Offenlegung der Funktionsweise der Komponenten notwendig, um entsprechende Modelle erstellen zu können.

Der Ansatz der verteilten Simulation bietet hier das Potential zum Know-how-Schutz, indem Komponentenmodelle als Black-Box-Modelle mit definierten Schnittstellen bereitgestellt werden können, die zu einer verteilten Simulation des Gesamtproduktes integriert werden.

3.2 Ökonomisches Potential

Das ökonomische Potential der VS/VVU-Technologien wurde von den Teilnehmern auf der bekannten Skala von 0 (kein Potential) bis 5 (sehr hohes Potential) bewertet. Der Durchschnitt der Antworten lag bei 3,7. Den Technologien wird somit ein durchaus hohes ökonomisches Potential zugesprochen.

Von den Teilnehmern wurden als Gebiete, in denen insbesondere ein hohes ökonomisches Potential vorliegt, identifiziert:

- gesamter militärischer Bereich,
- neu entstehende Märkte (Bekämpfung von globalen Umweltproblemen, Krisenmanagement, Terrorismusabwehr),
- Distant Learning Technologien,
- Spieleindustrie und
- Produktion und Produktentwicklung.

3.3 Aktueller Verbreitungsgrad

Zur Bewertung des aktuellen Verbreitungsgrades von VS/VVU-Technologien wurden die Teilnehmer gebeten, diesen sowohl im Verteidigungssektor als auch im industriellen Bereich auf der üblichen Skala von 0 (keine Verbreitung) bis 5 (sehr hohe Verbreitung) einzuschätzen (Abb. 3).

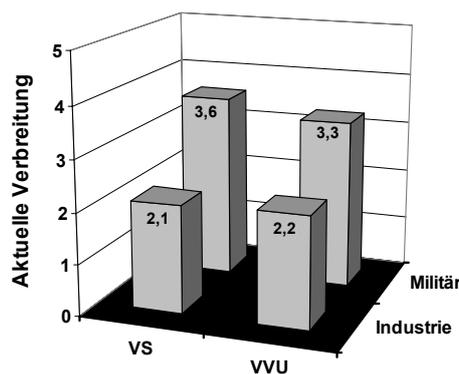


Abbildung 3: Verbreitungsgrad von VS/VVU im militärischen und im industriellen Bereich

Die Auswertung der Antworten zeigt, dass der militärische Bereich wie erwartet die VS/VVU-Technologien bereits relativ gut nutzt. Der Verbreitungsgrad liegt zwischen mittel und hoch. Die Gründe hierfür liegen auf der Hand: Militärisches Training und Anschaffungsprozesse basieren bereits stark auf diesen Technologien. Dies ist auch an der militärischen Herkunft von Standards wie DIS und HLA zu erkennen. Andererseits ist es trotzdem fraglich, warum der Verbreitungsgrad nicht noch höher ist. Dies könnte darauf hindeuten, dass auch hier noch Forschungsbedarf besteht.

Der Nutzungsgrad der VS/VVU-Technologien im industriellen Bereich wird generell als niedrig eingeschätzt. Unter Anbetracht der zuvor gegebenen Antworten, die den Technologien eine durchaus signifikante Praxisrelevanz und ein hohes ökonomisches Potential zusprechen, lässt dies darauf schließen, dass existierende technische Lösungen noch keinen zufriedenstellenden Reifegrad erreicht haben und noch ein großer Forschungsbedarf im Grundlagenbereich existiert.

Eine weitere Erklärung kann auch darin gesehen werden, dass existierende Lösungen und Standards auf die militärischen Anwendungsgebiete fokussieren und industrielle Anforderungen, die wesentlich heterogener sind, nur unzureichend berücksichtigen.

Weiterhin ist sicherlich auch zu konstatieren, dass im industriellen Bereich noch klare Geschäftsmodelle zur Anwendung von VS/VVU-Technologien fehlen und die Technologien noch nicht die nötige Anerkennung haben, da sie z. T. als zu komplex, zu teuer und zu aufwendig eingestuft werden.

4 Forschungsaufgaben und Trends

Zur Analyse der offenen Probleme und Forschungsaufgaben wurde in der Umfrage zunächst eine Bewertung des Reifegrads und der Bedeutung bestimmter Basistechnologien abgefragt. Für eine detailliert Auswertung sei auf die vollständige Studie verwiesen (Straßburger et al. 2008). Als wichtigstes Ergebnis sei hier festgehalten, dass in den Bereichen der Middleware für VS/VVU, im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstellen und auf dem Gebiet der semantischen Interoperabilität großer Forschungsbedarf gesehen wird.

Die wichtigsten Nennungen für Verbesserungsbedarfe in den einzelnen Basistechnologien sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Neben der Bewertung der Basistechnologien wurde weiterhin nach *Grand Challenges* auf dem Gebiet der VS/VVU gefragt, die, sollten sie gelöst werden, einen signifikanten Einfluss auf das Gebiet haben würden.

Wichtige Nennungen aus dem Bereich der verteilten Simulation sind z.B. die Entwicklung von einfach zu verwendenden Synchronisationsmechanismen, die das „Zero-Lookahead-Problem“ lösen und die Schaffung echter Plug-und-Play-Fähigkeiten für Simulationssysteme.

Im Bereich der VVU ist eine wichtige Grand Challenge z.B. die Lösung des inhärenten Zielkonflikts zwischen Wunsch nach hoher Interaktivität der VVU und der Notwendigkeit der Konsistenzsicherung.

Netzwerktechnologien	Distributed Simulation Middleware
<ul style="list-style-type: none"> - Niedrigere Latenzzeiten und bessere Bandbreiten(nutzung) - Robustheit und Fehlertoleranz - Sicherheit - Quality of Service (QoS) Spezifikationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Plug-and-Play Fähigkeiten - Standardisierung (auch: Interoperabilität zwischen verschiedenen Standards) - Semantische Interoperabilität - Ubiquität (erreichbar überall und mit jedem Gerät)
Mensch-Maschine-Schnittstellen	Semantisches Web
<ul style="list-style-type: none"> - Multimodale Schnittstellen, einschließlich Haptik, ohne Datenhandschuhe - Immersivere Umgebungen - Fokuswechsel hin zu erweiterter Realität anstelle von virtueller Realität nötig - Verbesserung der Nutzbarkeit - Mensch-zentrierte Schnittstellen 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgereifere Verfahren als Ontologien zur Definition von Semantik (Ontologien können nicht die einzige Lösung sein) - Standardisierung von Referenzbegriffen für bestimmte Domänen - Wege zur Transformation des aktuell im WWW gespeicherten Wissens in ein semantisches Wissensnetz
Grafikhardware	High Performance Computing
<ul style="list-style-type: none"> - Bessere Physikintegration - Förderung von Standards 	<ul style="list-style-type: none"> - Einbindung von allen heterogenen Knoten in ein universelles Grid - Demonstration von Anwendungspotential für eine breitere Community - Werkzeuge zur Nutzung von High Performance Computing in Engineering-Software-Umgebungen

Table 1: Geforderte Verbesserungen bzgl. der Basistechnologien für VS/VVU-Anwendungen

Zum Abschluss wurden die Umfrageteilnehmer gebeten, Trends zu identifizieren, von denen sie erwarten, dass sie das Forschungsgebiet der VS/VVU signifikant beeinflussen werden. Interessante und häufige Nennungen betrafen hier z.B. die steigende Popularität von mobilen Endgeräten verbunden mit der Erwartung der sofortigen und einfachen Kommunikation, die Allgegenwärtigkeit von visuellen Medien, die wachsende Bedeutung des Heimatschutzes und der Terrorismusabwehr und auf der IT-Seite die Trends zu service-orientierten Architekturen und Open-Source-Lösungen.

5 Aussagen für den Bereich Produktion und Logistik

Da dieser Artikel nur einen Ausschnitt aus der gesamten Studie wiedergeben kann, sollen in diesem Abschnitt die wichtigsten Aussagen für den Bereich Simulation in Produktion und Logistik zusammengefasst werden.

Generell trifft auch auf diesen Sektor zu, dass der Verbreitungsgrad von verteilter Simulation im Allgemeinen und verteilten virtuellen Umgebungen im Besonderen als niedrig einzustufen ist.

Trotzdem wird von den Teilnehmern eingeschätzt, dass es z.B. in den Bereichen der verteilten Planung von Fertigungslinien und der Steuerung von automatisierten Produktionsprozessen relevante Anwendungsmöglichkeiten für die Technologien gibt.

Im erstgenannten Komplex geht es z.B. darum, die Planungsmodelle von Zulieferern (d.h. Anlagenlieferanten) und OEMs zu verbinden. Hier gibt es zur simulationsunterstützten kooperativen Produktionsplanung zwar bereits Werkzeuge (z. B. Process Designer von Siemens PLM, Process Engineer von Delmia), die prinzipiell die kooperative Planung von Fertigungseinrichtungen und deren anschließende Simulation unterstützen, jedoch beschränken sich diese Werkzeuge auf die Unterstützung der Kooperation innerhalb der jeweiligen Werkzeugwelten. Darüber hinaus gehende Standards zur Integration von Werkzeugen verschiedener Hersteller, z.B. im Bereich der Simulation, werden aktuell nicht angeboten, könnten jedoch zukünftig eine wichtige Rolle spielen.

Im zweiten Komplex sind simulationsgestützte Leitstände ein relevantes Gebiet, welches die Integration von Simulationskomponenten mit anderen betrieblichen Informationssystemen erfordert.

Interessant ist auch die Feststellung, dass neben dem Verteidigungsbereich gerade auch den Gebieten Produktion und Produktentwicklung ein hohes ökonomisches Potential für den Einsatz dieser Technologien zugeschrieben wird.

Die Studie hat weiterhin untersucht, welche zukünftige Entwicklungen der Gesellschaft und allgemeiner Rahmenbedingungen die Nutzung von VS/VVU stark vorantreiben könnten.

Für den Bereich Produktion und Logistik relevante Nennungen betrafen den generellen Trend der Globalisierung und den daraus resultierenden steigenden Bedarf der Geheimhaltung und des Schutzes von Urheberrechten. Durch die Globalisierung kommt es vermehrt zur Bildung industrieller Cluster, die als logische Folge eine engere Kooperation zwischen OEMs und Zulieferern mit sich bringt. Daraus entsteht ein Bedarf für VS/VVU-Technologien. Diese bilden unter anderem auch eine Lösung für den steigenden Bedarf zum Schutz von *intellectual property rights* (IPR). So können Unternehmen beispielsweise mittels VS ihre Komponentenmodelle (Produktmodelle, Logistikmodelle, Produktionsmodelle, ...) in einer Gesamtsimulation des untersuchten Systems zusammenschließen ohne ihr internes Wissen und ihre Expertise offenlegen zu müssen.

Auch die Nutzung von VS zur Durchführung von verteilten Supply-Chain-Simulationen wurde von einigen Teilnehmern in diesem Kontext als potentiell wichtige Anwendung genannt – auch wenn diese Anwendung in der Vergangenheit bereits durchaus kontrovers diskutiert wurde (Lendermann 2006).

Zur Bewertung von HLA (IEEE 2000) als der aktuell wichtigsten Technologie auf dem Gebiet VS/VVU ist festzustellen, dass die Umfrageteilnehmer HLA zwar als ausgereiften Standard betrachten, aber auch Schwachpunkte sehen. So unterstützt HLA z.B. nur die syntaktische Interoperabilität von Simulationen, lässt aber seman-

tische Fragen fast völlig außen vor. Weiterhin wird der Standard als zu komplex und seine Nutzung als zu schwierig und zeitaufwendig charakterisiert.

Weiterhin benannten die Teilnehmer die Schaffung echter Plug-und-Play-Simulationsfähigkeiten als eine „Grand Challenge“, deren Lösung die Gebiete signifikant vorantreiben würde. Schon die Schaffung von automatischen oder halbautomatischen semantischen Interoperabilitätsmechanismen zwischen oder innerhalb von Domänen würde ein wesentlicher Schritt vorwärts sein.

Als relevante Akteure, die an diesen Problemen arbeiten und die auch eine Relevanz für die Weiterentwicklung von VS/VVU-Technologien für die Simulation in Produktion und Logistik haben, benannten die Teilnehmer insbesondere die Simulation Interoperability Standards Organization (SISO). SISO treibt in verschiedenen Produktentwicklungsgruppen (*product development groups*, PDG) die Standardisierung von Interoperabilitätsmechanismen voran. Relevante Gruppen sind hier z.B. die Commercial Off-the-Shelf Simulation Package Interoperability PDG (CSPI-PDG) und die Core Manufacturing Simulation Data PDG (CMSD-PDG).

6 Zusammenfassung

Dieser Artikel fasst die Ergebnisse einer Studie zu Zukunftstrends der Gebiete Verteilte Simulation und Verteilte Virtuelle Umgebungen zusammen. Basis der Studie war eine Umfrage unter Experten der Gebiete VS/VVU verbunden mit diversen Interviews und Hintergrundrecherchen.

Die Studie hat gezeigt, dass sowohl VS- als auch VVU-Technologien eine hohe zukünftige Praxisrelevanz sowohl zur Verbesserung der Prozesse in Organisationen, also auch zur Verbesserung des Lebenszyklus von Produkten zugesprochen wird. Weiterhin wird eingeschätzt, dass die Technologien ein relativ hohes ökonomisches Potential haben.

Die Studie zeigte gleichzeitig auf, dass der aktuelle Verbreitungsgrad von VS/VVU in der Industrie als gering einzuschätzen ist. Gründe hierfür liegen u. a. in der Unausgereiftheit existierender Lösungen und dem Fehlen von robusten Standards und Plug-und-Play-Fähigkeiten.

Literatur

- Fujimoto, R. (2000) *Parallel and Distributed Simulation Systems*. Wiley Interscience, New York
- IEEE (2000) 1516-2000 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) – Framework and Rules. IEEE, Piscataway, N.J.
- Lendermann, P. (2006) About the need for distributed simulation technology for the resolution of real-world manufacturing and logistics problems. In: Perrone, L.F.; Wieland, F.P.; Liu, J.; Lawson, B.G.; Nicol, D.M.; Fujimoto, R.M. (Hrsg.): *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*. Monterey CA, USA. IEEE, Piscataway, pp. 1119-1128

Straßburger, S., Schulze, T., Fujimoto, R. (2008) Future trends in distributed simulation and distributed virtual environments. Peer study final report, Version 1.0. Ilmenau, Magdeburg, Atlanta – January 17, 2008