

Die 3D-Visualisierung in der ereignisdiskreten Simulation – Stellenwert und Entwicklungstendenzen

Using 3D-Visualization in the Context of Discrete-Event Simulation – Significance and Development Trends

Markus Schmitz, Sigrid Wenzel, Universität Kassel, Kassel (Germany),
m.schmitz@uni-kassel.de, s.wenzel@uni-kassel.de

Abstract: The benefits using 3D-visualization in the context of discrete-event simulation are scientifically proven and manufacturers of simulation software have been integrating advanced methods for 3D-visualization in their products for the past years. Despite these efforts the actual utilization of 3D-visualization in the context of discrete-event simulation remains unknown; experiences from university and service sector suggest that it is commonly not used. This article describes a questionnaire that queries the current situation, trends and thoughts about 3D-visualization in discrete-event simulation and presents its results. Especially differences in actual utilization, future plans and trends between small, mid-sized and large enterprises as well as between different branches of industry are worked out.

1 Einleitung

Bei der Simulation von Produktions- und Logistiksystemen spielt bereits seit vielen Jahren der Einsatz einer angemessenen Visualisierung eine wichtige Rolle. Insbesondere die Frage, welche Relevanz die Animation im Rahmen der ereignisdiskreten Simulation für die Verdeutlichung dynamischer Zusammenhänge hat, wurde bereits vor 25 Jahren kontrovers diskutiert, wie Auswertungen von Publikationen der 1980er Jahre in Wenzel (1998) oder Jessen und Wenzel (2001) belegen. Den damals schon bekannten Potenzialen der Animation für die Vermittlung von dynamischen Zusammenhängen vor Management und Entscheidern standen überwiegend Bedenken entgegen, dass ein übermäßiger Einsatz von Animationen ablenkend wirken könnte (Wenzel 1998, S. 19), dadurch kontraproduktiv sei und die Vermittlung der eigentlich relevanten Information behindere. Trotz dieser Kritikpunkte wurde beginnend in den 1990er Jahren und ergänzend zur einfachen 2D-Animation die 3D-Animation sukzessive umgesetzt. So wurde im Rahmen eines Großforschungsprojektes der Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der Simulationstechnik in Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer-

Institut für Graphische Datenverarbeitung und dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik das Zusammenspiel Simulation und Visualisierung konzeptionell erarbeitet (vgl. Jessen et al. 1996). Der Relevanz der Vernetzung von Simulation und Visualisierung wurde durch kontroverse Debatten um ihren Stellenwert (vgl. z. B. Lorenz 1991) und durch spezielle Tagungen zum Thema Rechnung getragen (vgl. diverse Tagungsbände wie Schulze et al. 2000, Schulze et al. 2002 und weitere). Heute werden beim Einsatz der Simulation die Vorteile einer 3D-Visualisierung beispielsweise in Form einer virtuellen Begehung zur Überprüfung der Einhaltung von Richtlinien sowie für Funktions-, Kollisions- und Ergonomieuntersuchungen (Bracht et al. 2007/2008) oder für Vertrieb, Marketing und Öffentlichkeitsarbeit (VDI 3633 2009) diskutiert. Allerdings gibt es auch Gründe, aus denen die 3D-Visualisierung in der Simulation nicht zum Einsatz kommt. Neben der Notwendigkeit der entsprechenden Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie der Bereitstellung geeigneter Software stellt vor allem die Beschaffung von 3D-Geometriedaten ein großes Hindernis bei der Umsetzung von 3D-Modellen dar. Liegen beispielsweise CAD-Daten vor, sind diese oftmals aufgrund ihres hohen Detaillierungsgrads nicht nutzbar, sodass entweder umfangreiche Nacharbeiten oder eine Neumodellierung notwendig werden (Kremer und Liewald 2003; VDI 3633 2009; Bracht et al. 2011). Um die 3D-Visualisierung effizient nutzen zu können, müssen Möglichkeiten existieren, vorhandene 3D-Modelle für eine Visualisierung als Ergänzung zur Simulation einsetzen zu können (Bös 2008).

Auch in den Entwicklungen zur Digitalen Fabrik wird die 3D-Visualisierung heute neben der Simulationstechnik als eine wichtige Methode genannt, wobei sowohl die statische als auch die dynamische 3D-Visualisierung eine Rolle spielen (vgl. u. a. Bracht et al. 2011; VDI 4499 2008). Zudem sind 3D-Animationsfunktionen in gängigen Simulationswerkzeugen wie AutoMod (vgl. z. B. Rohrer 2002), Enterprise Dynamics (vgl. z. B. Incontrol 2010) oder Plant Simulation (vgl. z. B. Bangsow 2010) umgesetzt und werden in Simulationsstudien im Tagesgeschäft eingesetzt (vgl. z. B. König et al. 2007; Weber 2007 sowie Spieckermann 2007). Allerdings wird trotz funktionaler Unterstützungen ein hoher Aufwand bei der Erstellung einer 3D-Animation gesehen, der maßgeblich durch die Erstellung oder Konvertierung von 3D-Modellen für Maschinen und Fabrikumfeld gegeben ist (VDI 3633 2009, S. 30).

Um den aktuellen Einsatz von 3D-Visualisierungen im Umfeld der ereignisdiskreten Simulation einschätzen und Erfahrungen und Trends ermitteln zu können, wurde daher hierzu vom 06.-22. Mai 2013 eine Online-Befragung seitens des Fachgebietes für Produktionsorganisation und Fabrikplanung der Universität Kassel durchgeführt. Der Online-Fragebogen sowie die Ergebnisse der Umfrage werden im Folgenden vorgestellt. Die Befragten werden in den folgenden Abschnitten als Probanden bezeichnet.

2 Konzept der Umfrage

Im Folgenden werden zunächst der Aufbau des Fragebogens sowie die für die Befragung ausgewählten Zielgruppen erläutert. Weiterhin wird dargestellt, welche Thesen bei der Konzeptionierung des Fragebogens aufgestellt wurden.

2.1 Aufbau des Fragebogens

Der Fragebogen gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden Fragen zur Situation im gegenwärtigen Unternehmen des Probanden gestellt. Diese betreffen neben den technischen und organisatorischen Voraussetzungen auch die geplante Ausrichtung des Unternehmens im Bezug auf den Einsatz von 3D-Visualisierungen im Umfeld der Simulation. Der zweite Abschnitt befasst sich mit der persönlichen Einstellung des Probanden zu unterschiedlichen Aspekten und Trends im Bereich 3D-Visualisierung in der Simulation. Die Fragen sind den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen. Im dritten Abschnitt des Fragebogens werden die Probanden gebeten, Angaben zu ihren persönlichen Daten (Geburtsjahr und Ausbildung), ihrer derzeitigen Position im Unternehmen sowie ihren eigenen Erfahrungen zu machen. Weiterhin werden sie gefragt, in welcher Weise sie in die digitale Anlagenlayoutplanung, in die Durchführung von Simulationsstudien und die Erstellung von Visualisierungen für Ergebnispräsentationen involviert sind, und gebeten, ihre Erfahrungen zur Simulationsforschung, -werkzeugentwicklung, -anwendung sowie -dienstleistung einzuschätzen. Ergänzende Fragen beschäftigen sich mit Informationen zum Unternehmen wie zugehöriger Wirtschaftszweig, primärer Tätigkeitsbereich des Probanden im Unternehmen und Angaben zum Jahresumsatz, der Mitarbeiterzahl und der Aufstellung des Unternehmens. Für Jahresumsatz und Mitarbeiterzahl liegen die Maßstäbe der Europäischen Union für die Kategorisierung in kleine (< 10 Mio. € Jahresumsatz, < 50 Mitarbeiter), mittlere (10–50 Mio. € Jahresumsatz, 50–250 Mitarbeiter) und große Unternehmen (> 50 Mio. € Jahresumsatz, > 250 Mitarbeiter) zugrunde, die Aufstellung des Unternehmens wird in regional, national und international unterschieden.

Zur Beantwortung der einzelnen Fragen werden in den ersten beiden Abschnitten verbalisierte Skalen mit einer geraden Anzahl an Antwortmöglichkeiten verwendet. Die gerade Anzahl wird bewusst verwendet, um keine neutrale Mitte als Auswahlmöglichkeit zur Verfügung zu stellen. Hierdurch müssen sich Probanden für eine Tendenz entscheiden; dies ermöglicht auch bei geringen Fallzahlen eine Angabe von Tendenzen. Für den ersten Abschnitt des Fragebogens ist zudem als Zusatzantwortmöglichkeit „Kann ich nicht beantworten“ erlaubt. Auf diese Antwortoption wird im zweiten Abschnitt verzichtet, da hier die persönliche Einstellung und Meinung des Probanden abgefragt wird.

2.2 Zielgruppen des Fragebogens und Feldbericht

Der Fragebogen wendet sich an alle Personen, die als Anwender, Dienstleister oder in der Forschung über ihre Arbeitsstelle in die Simulation involviert sind. Darüber hinaus ist es das Ziel der Umfrage, gleichermaßen Teilnehmer aus kleinen, mittleren und großen Unternehmen zu erreichen, um Unterschiede in Bezug auf die Unternehmensgröße aufdecken zu können. Um ein breites Spektrum an Probanden aus unterschiedlichen Bereichen anzusprechen, wurde die Einladung zur Teilnahme am Fragebogen per E-Mail an die Mitglieder der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL), der Arbeitsgemeinschaft Simulation (ASIM) und den Arbeitskreis Ablaufsimulation des Verbands der Automobilindustrie (VDA) mit einer Gesamtzahl von ca. 1.000 Adressen versandt und ab dem 06.05.2013 für 16 Tage online geschaltet.

Bis zum Ende der Umfrage am 22.05.2013 haben sich von den angeschriebenen Personen 160 den Fragebogen angeschaut (Rücklaufquote etwa 16 %). Hiervon haben 87 Personen den Fragebogen beendet (entspricht einem bereinigten Rücklauf von etwa 8,7 %). Eine mögliche Erklärung für den geringen Rücklauf ist, dass nur eine einmalige Einladung und keine Erinnerungen verschickt wurden. Die mittlere Bearbeitungszeit lag mit 9 Minuten 1 Sekunde (arithmetischem Mittel) unterhalb der in der Einleitung angegebenen Dauer von 10 Minuten.

2.3 Ergebnisthesen

Der Erstellung des Fragebogens liegen mehrere Thesen zugrunde; drei aus Sicht der Autoren wichtige Thesen werden im Folgenden näher behandelt:

1. Es bestehen abhängig von der Größe und der Branche eines Unternehmens Unterschiede im tatsächlichen Einsatz und den zukünftigen Plänen sowie Erwartungen in Bezug auf 3D-Visualisierung.
2. Sowohl die Verbreitung der 3D-Visualisierung als auch die ihr zugemessene Bedeutung unterscheiden sich in Forschung (universitär sowie außeruniversitär), industrieller Anwendung und Dienstleistung.
3. Da die Automobilindustrie als Vorreiter im Bereich Simulation gilt (vgl. z. B. Bayer et al. 2003), wird angenommen, dass es unter den großen Industrieunternehmen auch branchenbedingte Unterschiede beim Einsatz der 3D-Visualisierung gibt.

Weiterhin gibt es Vermutungen, dass die Ausbildung eines Probanden und die Erfahrung in unterschiedlichen Bereichen signifikante Einflüsse auf die persönlichen Einstellungen zur 3D-Visualisierung in der ereignisdiskreten Simulation haben.

3 Auswertung der Ergebnisse

Zunächst werden bei der Aufbereitung der Ergebnisse Analysen in Bezug auf die Größe der beteiligten Unternehmen durchgeführt. Für eine genaue Spezifizierung eines Unternehmens als kleines, mittleres oder großes Unternehmen werden gemäß Definition der EU zwei Merkmale abgefragt, Mitarbeiteranzahl und Jahresumsatz. Sofern die Probanden nur eine Angabe machen und bei der zweiten Angabe die Option „Kann ich nicht beantworten“ ankreuzen, wird eine Einordnung aufgrund des vorhandenen Kriteriums vorgenommen.

Bei der Untersuchung zeigt sich, dass lediglich acht Probanden aus mittelgroßen Unternehmen und 14 aus kleinen Unternehmen stammen. Daher wird entschieden, kleine und mittlere Unternehmen zur Gruppe KMU zusammenzufassen und nicht getrennt auszuwerten. Die Unterteilung in KMU und Nicht-KMU für Aspekte der ereignisdiskreten Simulation ist auch in gängiger Literatur zu finden (vgl. z. B. Bös 2008, Grundig 2000).

Im Rahmen dieses Artikels wird sich bei der Auswertung auf den Vergleich von Mittelwerten beschränkt (unter Annahme von Normalverteilung; Anwendung von ANOVA). Die Antwortmöglichkeiten in den ersten beiden Abschnitten („trifft zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft nicht zu“ in Abschnitt 1, „stimme zu“, „stimme eher zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme nicht zu“ in Abschnitt 2) werden mit den Werten eins (positivste Ausprägung) bis vier (negativste Ausprägung)

belegt. Mittelwerte über 2,5 entsprechen daher einer negativen Tendenz, Werte unter 2,5 einer positiven Tendenz.

Im Folgenden werden die Antworten zu den Abschnitten 1 und 2 des Fragebogens getrennt ausgewertet. Im Kapitel 3.1 werden die Antworten zum ersten Abschnitt im Hinblick auf Unterschiede zwischen KMU und Nicht-KMU, zwischen unterschiedlichen Branchen und zwischen Forschungsinstitutionen und Wirtschaft analysiert. Im Kapitel 3.2 wird der Abschnitt 2 des Fragebogens ausgewertet. Zusätzlich zu oben genannten Untersuchungen wird in diesem Kapitel analysiert, ob das Einsatzgebiet der Probanden im Unternehmen und die persönlichen Erfahrungen in unterschiedlichen Bereichen signifikanten Einfluss auf die gegebenen Antworten haben.

Für den Mittelwert wird im Folgenden im Text die Abkürzung MW verwendet, für die Standardabweichung die Abkürzung „+/-“. Für Signifikanzwerte wird die Abkürzung p verwendet, wobei Werte mit $p < 0,05$ als signifikant, mit $p < 0,01$ als hoch signifikant und mit $p = 0,000$ als höchst signifikant bezeichnet werden.

3.1 Einsatz der 3D-Visualisierung in der Simulation im Unternehmen

Die Tabelle 1 zeigt den jeweiligen Mittelwert sowie die Standardabweichung der Antworten zum ersten Abschnitt:

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen (Stdabw.) zu den Fragen zum Einsatz der 3D-Visualisierung in der Simulation im Unternehmen

	Mittelwert	Stdabw.
Die 3D-Visualisierung in der Simulation kommt regelmäßig zum Einsatz.	3,0	1,205
Die Vorteile einer 3D-Visualisierung in der Simulation sind bekannt.	1,9	0,852
Die technischen Voraussetzungen für eine 3D-Visualisierung in der Simulation sind vorhanden.	1,9	0,943
Die notwendigen Fachkenntnisse zur Erstellung von 3D-Visualisierungen generell (nicht speziell in der Simulation) sind vorhanden.	2,1	0,867
Notwendige 3D-Modelle für eine 3D-Visualisierung (auch ohne Simulation) sind vorhanden.	2,5	1,119
In anderen Bereichen als der Simulation kommt die 3D-Visualisierung zum Einsatz (z.B. Layoutplanung).	2,0	0,979
Aufgrund der Kosten kommt eine 3D-Visualisierung in der Simulation nicht zum Einsatz.	2,6	0,979
Der Einsatz von 3D-Visualisierung generell (nicht speziell in der Simulation) hat in den letzten 5 Jahren zugenommen.	2,1	0,966
Die Schaffung von verbesserten Voraussetzungen (z.B. Anschaffung von Hardware, Qualifikation der MitarbeiterInnen) für den Einsatz der 3D-Visualisierung im Allgemeinen ist geplant.	2,6	0,935
Es ist geplant, zukünftig verstärkt 3D-Visualisierung in der Simulation einzusetzen.	2,8	0,934

Bei der Auswertung des ersten Abschnitts, der sich mit dem Einsatz von 3D-Visualisierungen im Unternehmen beschäftigt, zeigt sich, dass obwohl die Vorteile bei der Nutzung von 3D-Visualisierungen bei der Simulation generell bekannt und überwiegend die technischen Voraussetzungen gegeben sind, dennoch 3D-Visualisierungen in der Simulation eher nicht eingesetzt werden. Bei der Analyse, ob es Unterschiede zwischen den Branchen bei der Frage nach dem Einsatz der 3D-Visualisierung in der Simulation eingesetzt gibt, sticht insbesondere die Automobilindustrie heraus, bei der 3D-Visualisierungen in der Simulation überwiegend nicht zum Einsatz kommen (MW 3,6, +/- 0,932, hoch signifikant [$p = 0,003$]); im Hinblick auf die anderen Branchen gibt es keine Auffälligkeiten. Auch wenn in allen Branchen der Einsatz von 3D-Visualisierungen in den letzten fünf Jahren leicht zugenommen zu haben scheint, ist weder großes Engagement in der Schaffung von verbesserten Voraussetzungen noch im geplanten zukünftigen Einsatz von 3D-Visualisierungen in der Simulation zu erkennen, wobei alle Branchen hier ungefähr gleich liegen und es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Branchen gibt.

Im Hinblick auf die Auswertung der Situation im Unternehmen bezogen auf KMU und Nicht-KMU zeigt sich, dass die 3D-Visualisierung in der Simulation in KMU generell häufiger zum Einsatz kommt (KMU: MW 2,4, +/- 1,182, Nicht-KMU: MW 3,3, +/- 1,132). Abgesehen von der Frage, ob die Vorteile einer 3D-Visualisierung in der Simulation im Unternehmen bekannt sind (KMU: MW 1,5, +/- 0,602, Nicht-KMU: MW 2,0, +/- 0,894) gibt es bei allen weiteren Fragen aus dem ersten Abschnitt von Probanden aus KMU eine minimal größere Zustimmung (MW im Schnitt um 0,17 kleiner), jedoch ist bei diesen Fragen eine Aufteilung nach KMU oder Nicht-KMU nicht signifikant ($p > 0,25$). Daher ist davon auszugehen, dass die Gründe, die laut Unternehmen für oder gegen einen Einsatz sprechen, nicht davon abhängen, ob ein Unternehmen ein KMU ist oder nicht.

Aufgrund der geringen Fallzahlen wurden für die obigen Auswertungen die national (11,1 %) und regional (2,2 %) aufgestellten Unternehmen zur Gruppe „national“ zusammengefasst. Dennoch zeigen sich in der Auswertung keinerlei signifikante Unterschiede zwischen national und international agierenden Unternehmen.

3.2 Persönliche Einstellung und Erfahrung zur 3D-Visualisierung in der ereignisdiskreten Simulation

Die Fragen im zweiten Abschnitt beziehen sich auf die persönliche Einstellung und Erfahrung der Probanden, daher erfolgt eine Auswertung zunächst im Hinblick darauf, inwieweit die Probanden persönlich in die digitale Layoutplanung, die Durchführung von Simulationsstudien und die Erstellung von Ergebnisvisualisierungen involviert sind. Weiterhin wird analysiert, ob Unterschiede im Hinblick auf die Erfahrung des Probanden in den Bereichen Simulationsforschung, -werkzeugentwicklung, -anwendung und -dienstleistung bestehen.

Wie Tabelle 2 zeigt, wird bei den Aussagen, dass 3D-Visualisierung Vorteile bei der Präsentation von Simulationsergebnissen hat, dass aufgrund zunehmender Datenmengen Auswertungen und Visualisierungen umfangreicher werden und dass eine Präsentation aus 2D-Folien und 3D-Visualisierungen sehr sinnvoll ist, generell eher zugestimmt. Allerdings stimmen die Probanden ebenfalls eher zu, dass es an einfachen Werkzeugen zur Erstellung von 3D-Visualisierungen fehlt. Die

Integration von 3D-Visualisierungen in Simulationswerkzeuge wird allgemein als eher positiv gesehen. Dass eine mehrfache Nutzung von 3D-Daten die Kosten signifikant senken kann, sehen die meisten Probanden. Ebenso können sich die meisten Probanden vorstellen, 3D-Visualisierungen bei Ergebnispräsentationen einzusetzen. Im Mittel neutral bewertet werden Aussagen darüber, ob die 3D-Visualisierung zukünftig eine notwendige Softwarekomponente in der ereignisdiskreten Simulation darstellen soll und ob das Einbeziehen unterschiedlichen Zielgruppen das Erstellen passender Visualisierungen erschweren wird. Eher keine Zustimmung gibt es zu der Aussage, dass die Vorteile einer 3D-Visualisierung in der Simulation die entstehenden Kosten überwiegen.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen (Stdabw.) zu den Fragen zur persönlichen Einstellung und Erfahrung

	Mittelwert	Stdabw.
Die 3D-Visualisierung hat deutliche Vorteile bei der Präsentation von Simulationsergebnissen.	1,9	1,015
Die Vorteile einer 3D-Visualisierung in der Simulation überwiegen die dadurch entstehenden Kosten.	2,8	0,828
Es fehlt an einfachen Werkzeugen zur Erstellung einer 3D-Visualisierung in der Simulation.	2,1	0,985
Die 3D-Visualisierung ist zukünftig eine notwendige Softwarekomponente der ereignisdiskreten Simulation.	2,5	0,977
Die mehrfache Nutzung von 3D-Daten, z.B. in der Layoutplanung, Simulation und bei der Visualisierung von Simulationsergebnissen, kann die Kosten signifikant senken.	1,7	0,705
Die Integration der 3D-Visualisierung in gängige Simulationswerkzeuge ist eine sinnvolle Lösung.	2,0	0,832
Ich kann mir vorstellen, 3D-Visualisierungen bei der Ergebnispräsentation von Simulationsstudien einzusetzen.	1,8	0,889
Für eine Präsentation von Simulationsergebnissen ist eine Kombination aus 2D-Folien und 3D-Visualisierungen sehr sinnvoll.	2,0	0,858
Das Einbeziehen unterschiedlicher Zielgruppen in eine Simulationsstudie erschwert das Erstellen passender Visualisierungen.	2,6	0,935
Aufgrund zunehmender Datenmengen durch komplexere Simulationsmodelle werden Auswertungen und Visualisierungen immer umfangreicher.	1,8	0,820

Im Folgenden wird aufgezeigt, inwiefern die Antworten zu den Aussagen aus Tabelle 2 von der Involvierung in unterschiedliche Tätigkeiten und der Einschätzung der eigenen Erfahrung in verschiedenen Bereichen abhängen.

Tabelle 2: Involvierung der Probanden in unterschiedliche Tätigkeiten in Prozent

Inwiefern sind Sie involviert in die...	stark	eher stark	eher wenig	wenig/ gar nicht
digitale Layoutplanung von Anlagen?	16%	24%	41%	19%
Durchführung von Simulationsstudien?	59%	20%	15%	6%
Erstellung von Visualisierungen für Ergebnispräsentationen?	35%	34%	22%	9%

Tabelle 3 zeigt, wie viel Prozent der Probanden ihre Involvierung in die digitale Layoutplanung von Anlagen, die Durchführung von Simulationsstudien und die Erstellung von Visualisierungen für Ergebnispräsentationen jeweils mit stark, eher stark, eher weniger oder wenig / gar nicht eingeschätzt haben. Zusammenhänge mit den Antworten zu den persönlichen Einstellungen und Erfahrungen können aufgrund schlechter Signifikanzwerte nicht entdeckt werden.

Tabelle 3: Einschätzung der eigenen Erfahrung in Prozent

Wie bewerten Sie Ihre Erfahrungen im Bereich...	viel	eher viel	eher wenig	wenig/ keine
Forschung zur ereignisdiskreten Simulation?	25%	25%	25%	25%
Simulationswerkzeugentwicklung?	17%	26%	32%	25%
Simulationsanwendung?	52%	28%	14%	6%
Simulationsdienstleistung?	29%	28%	24%	19%

Tabelle 4 zeigt, wie die Probanden ihre eigene Erfahrung in den vier Bereichen einschätzen. Bei der Auswertung in Hinblick auf die gegebenen Antworten zeigt sich, dass Probanden, die nach eigener Einschätzung viel Erfahrung im Bereich der Forschung zur ereignisdiskreten Simulation besitzen, eher nicht zustimmen, dass es an einfachen Werkzeugen fehlt (MW 2,9, +/- 0,912). Dies unterscheidet sich stark von Probanden mit eher viel (MW 1,9, +/- 0,771), eher wenig (MW 1,8, +/- 0,984) und wenig bis keiner Erfahrung (MW 1,6, +/- 0,630). Die Unterschiede sind zudem höchst signifikant ($p = 0,000$). Weiterhin zeigt sich, dass je mehr Erfahrung ein Proband mit der Entwicklung von Simulationswerkzeugen hat, umso weniger stimmt er der Aussage zu, dass die Integration von 3D-Visualisierungen in gängige Simulationswerkzeuge eine sinnvolle Lösung ist (viel Erfahrung: MW 2,4, +/- 1,021, eher viel: MW 2,2, +/- 0,873, eher wenig: MW 1,9, +/- 0,748, wenig / keine: MW 1,6, +/- 0,499. Signifikanz: $p = 0,012$), auch wenn alle Werte über 2,5 und damit eher im zustimmenden Bereich liegen. Die Erfahrung mit Simulationsanwendung oder -dienstleistung stellt im Rahmen dieser Umfrage kein Kriterium für Unterschiede in Bezug auf Einstellungen und Erfahrungen dar, da keine ausreichenden Signifikanzen gefunden werden konnten.

Abschließend werden die Umfrageergebnisse zum zweiten Abschnitt in Bezug auf Branchenabhängigkeiten analysiert. Hierbei zeigt sich, dass die Frage nach der Branche nur bei einer der zehn Aussagen signifikant ist. Der Aussage, dass aufgrund zunehmender Datenmengen und komplexerer Simulationsmodelle auch Auswertungen und Visualisierungen immer umfangreicher werden, stimmen Probanden aus der Automobilindustrie (MW 1,5, +/- 0,679) und den Hochschulen (MW 1,6, +/- 0,642) überdurchschnittlich stark zu. Bei Probanden aus anderen Branchen ergeben sich Mittelwerte zwischen 2,0 und 2,4. Aufgrund der hohen Anzahl an Probanden aus der Automobilindustrie (44 von insgesamt 87 Antworten) ergibt sich ein Mittelwert für alle Probanden von 1,8 +/- 0,846. Alle anderen Fragen zu persönlicher Einstellung und Erfahrung sind in Bezug auf die unterschiedlichen Branchen nicht signifikant ($0,1 < p < 0,62$); auch in Bezug auf KMU oder Nicht-KMU gibt es keine signifikanten Zusammenhänge.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Auswertung des Online-Fragebogens hat ergeben, dass zwar die Vorteile einer 3D-Visualisierung in den Unternehmen bekannt und die technischen Voraussetzungen weitgehend vorhanden sind, sie aber dennoch überwiegend nicht eingesetzt wird. Auch wenn die Nutzung in den letzten Jahren zugenommen hat, scheint das Thema wenig Wichtigkeit zu haben; ein verstärkter Einsatz ist eher nicht geplant. Die These, dass es hierbei signifikante Unterschiede zwischen KMU und Großunternehmen gibt, ist durch die Auswertung des Fragebogens nicht zu belegen. Auch die Annahme, dass die Automobilindustrie, die im Bereich der ereignisdiskreten Simulation eine Art Vorreiterrolle einnimmt, ebenso im Bereich 3D-Visualisierung in der ereignisdiskreten Simulation diese Rolle übernimmt, hat sich nicht bestätigt; im Gegenteil scheint die 3D-Visualisierung in der Automobilindustrie weniger als in anderen Branchen eingesetzt zu werden. Weiterhin zeigt sich, dass in Bezug auf die mit dem Fragebogen untersuchten Zusammenhänge keine signifikanten Unterschiede zwischen Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Wirtschaft auszumachen sind.

Im Hinblick auf die persönlichen Einstellungen und Erfahrungen der Probanden bestätigt sich hingegen, dass es eine Zustimmung zu der Aussage gibt, dass Auswertungen und Visualisierungen zunehmend komplexer werden, und dass viele bereit wären, 3D-Visualisierung einzusetzen. Skepsis besteht hingegen überwiegend darin, ob Aufwand und Nutzen in einem vernünftigen Verhältnis stehen; zudem lässt sich ableiten, dass vielen Probanden geeignete Werkzeuge fehlen. Der beste Weg für eine Ergebnispräsentation scheint eine Kombination aus 2D-Folien und 3D-Visualisierungen zu sein, wobei die Integration von 3D-Visualisierungen in gängige Simulationswerkzeuge überwiegend als sinnvoll angesehen wird. Weiterhin wird allgemein zugestimmt, dass die mehrfache Nutzung von 3D-Daten die Kosten für die Erstellung von 3D-Visualisierungen signifikant senken kann.

Auf weitere über die Untersuchung der genannten Thesen hinausgehende Auswertungen der Umfrageergebnisse muss an dieser Stelle aus Platzgründen verzichtet werden; im Rahmen einer Dissertation werden ergänzende Untersuchungen erfolgen. Entsprechend der ermittelten Ergebnisse werden in weiteren Forschungen des Fachgebietes insbesondere einfache, kostengünstige Werkzeuge zur Erstellung von 3D-Visualisierungen im Vordergrund stehen.

Literatur

- Bangsow, S.: Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk. Berlin: Springer, 2010.
- Bayer, J.; Collisi, T.; Wenzel, S.: Simulation in der Automobilproduktion. Berlin: Springer, 2003.
- Bös, M.: Methoden der Digitalen Fabrikplanung – ein praxisorientierter Ansatz für KMU. In: Rabe, M. (Hrsg.): Advances in Simulation for Production and Logistics Applications. Stuttgart, Fraunhofer IRB, S. 407-415, 2008.
- Bracht, U.; Geckler, D.; Wenzel, S.: Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele. Berlin: Springer, 2011.
- Bracht, U.; Reichert, J.; Kruse, C.: Unterstützung der Planung und Steuerung großer Werkstattfertigungen durch Ablaufsimulation. In: Simulationswissenschaftliches Zentrum der Technischen Universität Clausthal (Hrsg.): Jahrbuch 2007-2008. Unter: <http://www.simzentrum.tu-clausthal.de/files/SWZ-Jahrbuch-2007-2008.pdf>, zuletzt abgerufen am 27.02.2013, 2007/2008.
- Grundig, C. G.: Anwendung der Simulationstechnik in der Praxis von KMU (Fallbeispiel). In: Merlins, K.; Rabe, M. (Hrsg.): The New Simulation in Production and Logistics. Berlin, Fraunhofer IPK, S. 117-126, 2000.
- Incontrol Simulation Solutions: Quickstart Guide to 3D animation. Unter: <http://www.incontrolsim.com/academy/downloads/documentation/tutorials/advanced/30-quickstart-guide-to-3d-animation/>, zuletzt abgerufen am 01.03.2013, 2010.
- Jessen, U.; Krömker, D.; Loseries, F.; Luckas, V.; Wenzel, S.: Realitätsnah planen – Die 3D-Visualisierung als ideale Ergänzung der Simulation. In: Visualisierungsverfahren beim Einsatz der Simulationstechnik in Produktion und Logistik, Tagungsband zum Workshop am 11.06.1996 im Rahmen der 7. ASIM-Fachtagung, 11.-13.06.1996 in Dortmund. Dortmund, Praxiswissen, 10 Seiten, 1996.
- Jessen, U.; Wenzel, S.: The Integration of 3-D Visualization into the Simulation-based Planning Process of Logistics Systems. In: Simulation 77 (2001), 3-4, S. 114-127, 2001.
- König, M.; Beißert, U.; Bargstädt, H.-J.: Ereignis-diskrete Simulation von Trockenbauarbeiten – Konzept, Implementierung und Anwendung. In: Franz, V. (Hrsg.): 1. IBW-Workshop Simulation in der Bauwirtschaft. Kassel University Press, S. 15-27, 2007.
- Kremer, A., Liewald, J.: 3D-Animationen in der Ablaufsimulation. In: Bayer, J.; Collisi, T.; Wenzel, S. (Hrsg.): Simulation in der Automobilproduktion. Berlin: Springer, S. 189-196, 2003.
- Rohrer, M. W.: Simulating reality using AutoMod. In: Yucesan, E.; Chen, C.-H.; Snowdon, J. L.; Charnes, J. M. (Hrsg.): Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. IEEE, S. 173-181, 2002.
- Schulze, T.; Lorenz, P.; Hinz, V. (Hrsg.): Simulation und Visualisierung 2000. SCS, Ghent, 2000.
- Schulze, T.; Schlechtweg, S.; Hinz, V. (Hrsg.): Simulation und Visualisierung 2002. SCS, Ghent, 2002.
- Spieckermann, S.: Wie soll ich glauben, was ich nicht sehe – die Rolle der Animation im Simulationsalltag. In: VDI-Gesellschaft Fördertechnik

- Materialfluss Logistik (Hrsg.): Modellbildung und Simulation in der Praxis, VDI-Berichte Nr. 1989. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 45-53, 2007.
- VDI 3633: VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V.): VDI 3633, Blatt 11: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Simulation und Visualisierung. VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Bd. 2. Berlin: Beuth, 2009.
- VDI 4499: VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V.): VDI-Richtlinie 4499, Blatt 1: Digitale Fabrik – Grundlagen. VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Bd. 2. Berlin: Beuth, 2008.
- Weber, J.: Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen auf Basis von 3D-CAD Daten. Dissertation. Universität Dortmund, 2007.
- Wenzel, S.: Verbesserung der Informationsgestaltung in der Simulationstechnik unter Nutzung autonomer Visualisierungswerkzeuge. In: Kuhn, A. (Hrsg.): Unternehmenslogistik. Dortmund: Verlag Praxiswissen, 1998.