

VDI-Richtlinien zur Modellbildung und Simulation

VDI-Guidelines for Modelling and Simulation

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

Abstract: Nowadays simulation is a well-defined and accepted methodology for planning, implementation and operation of systems in material handling, logistics and production. This paper introduces into the guideline activities of the professional committees FA 204 "Modelling and Simulation" and FA 205 "Digital Factory" within the technical division "Facility Planning and Business" of the VDI-Society "Production and Logistics". Starting with the existing parts of the VDI-Guidelines 3633 and 4499 this paper points out their topics and interdependencies and gives an overview about guideline activities planned in the next years.

1 Einleitung und Einordnung im VDI

Im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) beschäftigen sich verschiedene Fach- und Richtlinienausschüsse innerhalb der Gesellschaft für Produktion und Logistik (VDI-GPL) mit der Standardisierung der Simulationstechnik in Produktion und Logistik für die industrielle Praxis. Hierbei orientieren sich die Richtlinienarbeiten an den aktuellen Entwicklungen des Marktes und unterstützen deren unternehmensübergreifende Abstimmung und Etablierung.

Zurzeit behandeln insbesondere die Fachausschüsse FA 204 "Modellierung und Simulation" und FA 205 "Digitale Fabrik" im Fachbereich "Fabrikplanung und -betrieb" der VDI-GPL die unterschiedlichen Facetten der Modellbildung und Simulation. Während sich der Fachausschuss FA 204 mit der Simulationstechnik im Bereich von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen sowohl aus methodischer Sicht als auch aus Anwendersicht auseinandersetzt und VDI-Richtlinien zu diesem Thema erarbeitet, hat der Fachausschuss FA 205 die aktuellen Bestrebungen in der Automobilindustrie, im Flugzeugbau und auch im Schiffsbau aufgegriffen und die Integration der Modellbildung und Simulation in das Gesamtkonzept der digitalen Fabrikplanung und -betriebsführung zum Ziel. Die FA 204 und FA 205 sind nach der Umstrukturierung des VDI und seiner Fachgesellschaften im Jahr 2009 aus dem ehemaligen und mehr als 20 Jahren existierenden Fachbereich A5

"Modellierung und Simulation" der VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss und Logistik (VDI-FML) hervorgegangen.

Der fachlichen Nähe der beiden VDI-Fachausschüsse – die Simulation stellt eine wesentliche Methode innerhalb der Digitalen Fabrik dar – wird dadurch Rechnung getragen, dass sich die Vorsitzenden der Fachausschüsse (FA 204: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel; FA 205: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht) wechselseitig in den Gremien vertreten und auf diesem Wege den Informationsaustausch zwischen den beiden Fachausschüssen gewährleisten. Außerhalb des VDI arbeiten die Fachausschüsse eng mit der Arbeitsgemeinschaft Simulation (ASIM) in der Gesellschaft für Informatik e. V. und der dortigen ASIM-Fachgruppe "Simulation in Produktion und Logistik" zusammen. Eine weitere sehr enge Zusammenarbeit besteht mit dem VDA (Verein der Automobilindustrie) und der dortigen Arbeitsgruppe "Ablaufsimulation" unter der Leitung von Herrn Gottfried Mayer (BMW, München), die die Implementierung eines speziell auf die Automobilindustrie ausgerichteten Bausteinkastens für die ereignisdiskrete Simulation vorantreibt und damit die Integration der Simulation in die Konzepte der Digitalen Fabrik für die Automobilbranche umsetzbar machen will.

Die Vorgehensweise zur Erstellung von VDI-Richtlinien ist verbindlich in der VDI 1000 geregelt und soll daher an dieser Stelle nur kurz erläutert werden. VDI-Richtlinienausschüsse werden grundsätzlich ausgewogen aus Vertretern von Forschung, Lehre, Industrie und Verbänden zusammengesetzt und vom Fachausschuss konstituiert. Ist die Richtlinie in ihrem ersten Entwurf im Richtlinienausschuss erstellt und von Seiten des zugehörigen Fachausschusses bestätigt, wird sie als Gründruck veröffentlicht; danach folgt ein in der Regel sechsmonatiges Einspruchsverfahren mit einer anschließenden verbindlichen Festlegung als Weißdruck. Ungefähr alle fünf Jahre wird seitens des verantwortlichen Fachausschusses eine Überprüfung der Richtlinieninhalte angestrebt.

2 Die aktuellen Richtlinienblätter zur Simulation

Die bisher entstandenen Richtlinienblätter zur VDI 3633 dokumentieren gelebtes Erfahrungswissen und geben praktische Hinweise zur Nutzung der Simulationstechnik im industriellen Alltag. Sie stellen Arbeitsunterlagen, Entscheidungshilfen und Handlungsanleitungen dar und spiegeln den aktuellen Stand der Technik im Bereich der Simulation in Produktion und Logistik wider. Sie sind allerdings in keinem Fall ein Lehrbuch oder ein Ersatz dafür.

Das erste Blatt zur VDI-Richtlinie 3633 entstand bereits 1983 als Grundlagenblatt mit dem Thema "Anwendung der Simulationstechnik zur Materialflußplanung". Dieses Blatt wurde 1992 zurückgezogen und durch das Blatt 1 der VDI 3633 "Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen; Grundlagen" ersetzt und 1993 in Weißdruck gebracht. Das Richtlinienblatt hat die Aufgabe, die Grundlagen der Simulation zur Untersuchung von Materialflusssystemen systematisch, einheitlich und eindeutig den Simulationsanwendern darzustellen. Dem Simulationseinsteiger soll darüber hinaus eine Orientierungshilfe im Umgang mit der Simulationstechnik gegeben werden. Vor diesem Hintergrund entwickelte sich die Richtlinie in den vergangenen Jahren immer mehr zur Verständigungsbasis der an Simu-

lationsprojekten beteiligten Personen. Um die methodischen und einsatzbedingten Veränderungen der letzten Jahre in Bezug auf die Simulation auch dem Endanwender transparent zu machen, wurde das Richtlinienblatt überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht. Heute liegt das Grundlagenblatt 1 der VDI 3633 als überarbeitetes Blatt im Gründruck vor (VDI 3633, Blatt 1).

Das Richtlinienblatt 1 zur VDI 3633 stellt die Ausgangsbasis für weitere Richtlinienblätter dar, die nach 1992 sukzessive entstanden sind. Abbildung 1 gibt einen Überblick zur Einordnung der existierenden Richtlinienblätter.

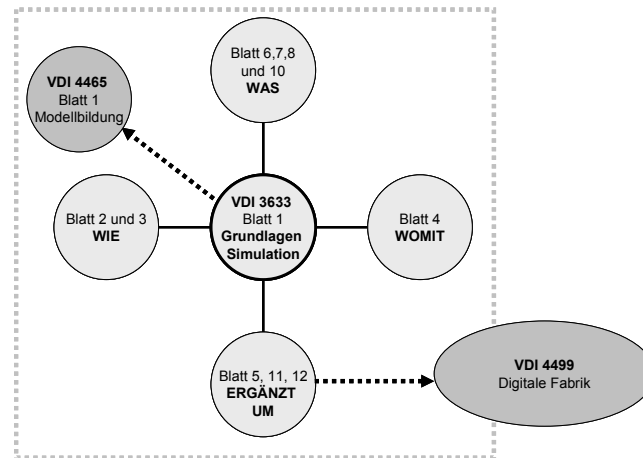


Abbildung 1: Richtlinienblätter zur VDI 3633 sowie weitere VDI-Richtlinien und ihre Beziehungen zueinander

Die zunächst entstandenen Erweiterungsblätter 2, 3 und 4 der VDI 3633 beziehen sich auf die Vertiefung des methodischen Vorgehens im Umgang mit der Simulationstechnik (*WIE*) sowie der Frage nach der geeigneten Auswahl des einzusetzenden Simulationswerkzeuges (*WOMIT*). Die bereits in 1997 erschienene VDI 3633 Blatt 2 beschreibt die Bedeutung der Lasten- und Pflichtenhefterstellung für Simulationsstudien sowie deren zweckmäßigen Umfang und Inhalt. Ziel der Richtlinie ist es, die Leistungsbeschreibung für Simulationsstudien zu konkretisieren. Auch die VDI 3633 Blatt 3 aus dem Jahr 1997 vertieft das methodische Vorgehen zur Simulationsdurchführung. Im Rahmen der Richtlinie werden daher zum einen die Voraussetzungen für eine zweckmäßige Experimentdurchführung einschließlich Ergebnisauswertung diskutiert, zum anderen die Vorgehensweise zur zielorientierten Planung der Simulationsexperimente, die statistische Auswertung sowie Ergebnisdaten und ihre Aufbereitung erläutert.

Mit Etablierung der Simulation als Problemlösungsmethode in den Unternehmen entstand der Wunsch, Transparenz in den Markt der Simulationswerkzeuge zu bringen. Da alle Ausführungen in den Richtlinien der Produktneutralität unterworfen sind und funktionale Werkzeugbeschreibungen schnell veralten, wurde die Entwicklung einer eigenen VDI-Richtlinie 3633, Blatt 4 vorangetrieben, in der basierend auf dem 1991 entstandenen Marktspiegel (NOCHÉ, WENZEL 1991) Kriterienkataloge zur Verfügung gestellt werden, die die Auswahl eines Simulationswerkzeuges für das eigene Unternehmen erleichtern sollen.

Die Entwicklung ergänzender Richtlinien und ihre Abstimmung über personell unterschiedlich besetzte Richtlinienausschüsse erforderte zwangsläufig die Festlegung und Nutzung einer einheitlichen Terminologie. Die abgestimmten Begriffe sind in der VDI 3633 (ohne Nummer) zusammengeführt. Dieses VDI-Richtlinienblatt nimmt somit eine Sonderstellung ein. Es vereint die übergreifenden Definitionen aller im FA 204 entstandenen Richtlinien und wird in regelmäßigen Abständen entsprechend des Fortschreitens der Richtlinienarbeiten aktualisiert. Die fachliche Nähe zum FA 205 "Digitale Fabrik" hat darüber hinaus zu der Entscheidung geführt, dass sich auch die Richtlinienausschüsse des FA 205 an diesen Begriffsdefinitionen orientieren. Da dieses Blatt keine zusätzlichen Inhalte ergänzt, ist es in Abbildung 1 nicht aufgeführt.

Den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Jahre 1996 bis 2000, die sich verstärkt mit der informationstechnischen Vernetzung der Simulation im Unternehmen auseinandersetzen, Rechnung tragend erscheint im Jahr 2000 das Richtlinienblatt 5 (VDI 3633 Blatt 5) als Weißdruck, das sich mit Fragen der Integration der Simulation in das betriebliche Umfeld auseinandersetzt. Dies folgt dem Trend, dass die Simulation eine IT-basierte Methode ist und *ERGÄNZT UM* andere Methoden und Werkzeugen zum Einsatz kommt. Im Rahmen der Richtlinie wird beschrieben, wie die Simulationstechnik im Betrieb eingesetzt wird, wie sie datentechnisch und organisatorisch eingebunden werden kann und welche simulationsrelevanten betrieblichen Abläufe vorherrschen. Ein Schwerpunkt der Richtlinie bezieht sich auf die Beschreibung der datentechnischen Einbindung der Simulation und ihrer Schnittstellen zu den unternehmensinternen Werkzeugen beispielsweise zur Produktionsplanung und -steuerung oder zur Betriebsdatenerfassung. In diesem Zusammenhang werden auch Art und Umfang des Datenaustausches behandelt.

Weitere Richtlinienblätter, die den Aspekt *ERGÄNZT UM* behandeln, sind die Blätter VDI 3633 Blatt 11 und das noch in der Erstellung befindliche VDI 3633 Blatt 12. Blatt 11 (Simulation *und* Visualisierung) zielt darauf ab, Verfahren für die Visualisierung von Information, Daten und Ergebnissen im Kontext der Simulation in den Bereichen Fördertechnik, Materialfluss, Logistik und Produktion zu erläutern sowie die Zweckmäßigkeit des Einsatzes der verschiedenen Visualisierungsverfahren für die Simulation zu diskutieren. Das zurzeit in der Erstellung befindliche Blatt 12 (Simulation *und* Optimierung) erläutert die Unterschiede zwischen Simulation und Optimierung als Problemlösungsmethoden und zeigt Möglichkeiten auf, wie beide Methoden sinnvoll in Ergänzung eingesetzt werden können.

Mit der Umsetzung von Konzepten zur Digitalen Fabrik wird die ereignisdiskrete Simulation immer mehr zu einer von vielen Methoden, die sich der Notwendigkeit der Integration in die Werkzeuglandschaft der Unternehmen stellen muss. Der Fokus der Betrachtung wechselt in Richtung einer ganzheitlichen methodischen Unterstützung der Planung und laufenden Verbesserung aller Strukturen, Prozesse und Ressourcen. Aus diesen Entwicklungen resultieren neue Richtlinienarbeiten, die als VDI 4499 publiziert und in Kapitel 3 dieses Beitrags behandelt werden.

Parallel zu den Arbeiten *ERGÄNZT UM* beschäftigen sich weitere Richtlinienblätter der VDI 3633 mit Fragen der Abbildung von spezifischen Sachverhalten und Systemkomponenten (*WAS*). Die im Jahr 2001 veröffentlichte VDI 3633 Blatt 6 diskutiert die Frage nach Art und Umfang der Abbildung des Personals in Simulationsmodellen und definiert in Bezug auf den Untersuchungsschwerpunkt und den

Detailierungsgrad bei der Modellierung von Personal die Begriffe personalintegriert und personalorientiert. Während der Fokus der personalintegrierten Modellierung und Simulation auf dem durch das Personal zu bedienenden System liegt, behandelt die personalorientierte Modellierung und Simulation die Untersuchung des Personals selbst (Ergonomiesimulationen, Belastungs- und Beanspruchungsanalysen). Darüber hinaus beschreibt Blatt 6 die unterschiedlichen Anforderungen an die jeweiligen Simulationsverfahren, spezifische Aspekte der Datenerfassung und -verwendung sowie der Experimentdurchführung und Ergebnisauswertung. Die im gleichen Jahr erschienene VDI 3633 Blatt 7 führt den Begriff der Kostensimulation ein, bei der in Ergänzung zu den klassischen Simulationsergebnisgrößen Auswertungen unter betriebswirtschaftlichen Aspekten durchgeführt werden. Die Richtlinie behandelt dabei sowohl Nutzungsaspekte der Kostensimulation, softwaretechnische Realisierungsmöglichkeiten, in der Simulation zu verwendende Kostenrechnungssysteme als auch die Planung und Auswertung von Simulationsexperimenten auf Basis der Kostensimulation. VDI 3633 Blatt 8 aus dem Jahr 2007 vertieft die Aspekte der maschinennahen Simulation, die als Simulation von Fertigungsmaschinen und ihrer Peripherie verstanden wird, und führt die Themen der 3D-Kinematiksimulation und der Mehrkörpersimulation aus. Weiterhin geht das Blatt auf den Einsatz der Simulation zum Funktionstest von Steuerungen, zur Untersuchung fertigungstechnischer Prozesse und zur Analyse des maschinennahen Materialflusses ein. Ein zurzeit noch in der Bearbeitung befindliches VDI-Richtlinienblatt 10 behandelt die spezifischen Aspekte der Modellierung und Simulation von Geschäftsprozessen. Da ein Beitrag zu dieser Richtlinienarbeit im gleichen Tagungsband (vgl. MUTZKE, RABE, WIENER 2010) veröffentlicht wird, wird an dieser Stelle auf weitere Ausführungen verzichtet.

Eine neuere Richtlinie (VDI 4465) konkretisiert die bisherigen Richtlinienarbeiten zur Simulationstechnik in Bezug auf die Aufgaben bei der Modellbildung von logistischen Systemen mit ihren zugehörigen Prozessen und Informationsflüssen. Sie untermauert die weitreichende Industrierelevanz der Nutzung von Modellen in der Systemanalyse und -gestaltung. Ziel der im Jahr 2011 erscheinenden Richtlinie ist es, Hinweise zur Vorgehensweise der Modellbildung (von einer (produktions-)logistischen Aufgabenstellung zu einem aussagefähigen Modell) zu geben. Hierbei werden auch typische Fragestellungen bei der Modellbildung wie z.B. zur Wahl eines geeigneten Detaillierungsgrades beantwortet und Hinweise zur Auswahl von geeigneten Beschreibungsmitteln für die unterschiedlichen Modellierungsaufgaben gegeben. Im Rahmen der Richtlinie werden – ausgerichtet auf simulationsgestützte und analytische Untersuchungen – ebenfalls die wichtigsten Beschreibungsmittel wie beispielsweise Geschäftsprozessmodelle, Datenflussdiagramme, Petrinetze, Programmablaufpläne, Simulationssprachen oder auch Modelle der explorativen Statistik kurz erläutert und hinsichtlich ihrer Anwendung kategorisiert. Anwendungsbeispiele veranschaulichen das Vorgehen der Modellbildung praxisnah.

3 Die Richtlinienblätter zur Digitalen Fabrik VDI 4499

Die VDI 4499 als Richtlinie des FA 205 "Digitale Fabrik" will über Begriffsbestimmungen und Handlungsanleitungen für die praxisgerechte Umsetzung der Digitalen Fabrik einen Beitrag zur Verbesserung der Wettbewerbssituation in der

Industrie leisten. Die Digitale Fabrik wird nach VDI 4499 Blatt 1 (S. 3) "als Oberbegriff für ein Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u. a. der Simulation und 3D-Visualisierung –, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden," verstanden; die Simulation stellt somit eine wichtige Methode in der Digitalen Fabrik dar. Das Grundlagenblatt bietet einen Einstieg in die Thematik der Digitalen Fabrik und zeigt ihren Fokus in der industriellen Anwendung auf. Dabei werden Ziele, Anwendungsgebiete und Nutzen der Digitalen Fabrik, Modelle und Methoden sowie Datenmanagement und Systemarchitektur diskutiert. Darüber hinaus werden konkrete Hinweise zur Einführung der Digitalen Fabrik und zu begleitenden organisatorischen Maßnahmen gegeben.

Das Grundlagenblatt wird über weitere Richtlinienblätter sukzessive ergänzt. Die 2009 bereits erschienene VDI 4499 Blatt 2 behandelt den digitalen Fabrikbetrieb und in Bezug hierzu die Phasen eines Produktionssystems von der Montage- und Fertigungsprozessplanung bis zur laufenden Serienproduktion. Die Anwendung des Digitalen Fabrikbetriebs in den Lebenszyklusphasen der Fabrik wird detailliert erläutert; Anwendungsbeispiele für den digitalen Fabrikbetrieb verdeutlichen die Vielschichtigkeit der Nutzung. Die Umsetzungsmöglichkeiten einer Dateninfrastruktur für den digitalen Fabrikbetrieb werden nur kurz angerissen, da sich ein drittes Richtlinienblatt zur VDI 4499 umfassend mit dem Thema Datenmanagement und Systemarchitektur in der Digitalen Fabrik auseinandersetzt. In diesem Richtlinienblatt werden verstärkt die IT-spezifischen Facetten der Digitalen Fabrik diskutiert und Fragen der unternehmensindividuellen Umsetzung beantwortet. Ein weiteres ebenfalls in der Bearbeitung befindliches Richtlinienblatt behandelt – ähnlich wie das Blatt 6 der VDI 3633 – die Abbildung des Menschen in der digitalen Planungswelt. In der VDI 4499 Blatt 4 werden für die digitale Planung relevante Menschmodelle und ihre Integration in die Konzepte der Digitalen Fabrik diskutiert.

4 Geplante neue Richtlinienausschüsse

Themen für neue Richtlinienausschüsse entstehen sowohl aus industriellen Anforderungen zur Klarstellung von Sachzusammenhängen oder zur Bereitstellung von Handlungsempfehlungen als auch aus dem von Universitäten und Forschungseinrichtungen getragenen Wunsch, methodische Präzisierungen vorzunehmen. Vor diesem Hintergrund sind mehrere neue Richtlinienausschüsse geplant.

Ein Richtlinienblatt, das als VDI 3633 Blatt 9 erscheinen soll, wird sich mit der Abgrenzung und sinnvollen Ergänzung von Methoden der Simulation und Tabellenkalkulation beschäftigen. Die VDI 4465 soll ein weiteres Richtlinienblatt (Blatt 2) zum Thema Distribution Centre Reference Model / Referenzmodell für Distributionszentren erhalten. Die Erstellung eines derartigen Referenzmodells soll unter dem Aspekt des Benchmarking und der Simulation diskutiert und bewertet werden. Ist die Erstellung dieser Richtlinie erfolgreich, sind weitere Richtlinienblätter zur Beschreibung von Referenzmodellen geplant.

Die VDI 4499 soll mittelfristig ebenfalls um zwei weitere Richtlinienblätter ergänzt werden; vorgesehen ist eine Richtlinie, die das zurzeit aktuelle Thema der PLM-Systeme (PLM – Product Lifecycle Management) aufarbeitet. Eine weitere Richtlinie

soll die Technologie Augmented Reality für den Einsatz im Rahmen der Digitalen Fabrik beleuchten.

5 Abschließende Übersicht

Mit dem vorliegenden Beitrag wird ein kurzer historischer Abriss der bisherigen Richtlinienarbeiten zur Modellbildung und Simulation im VDI-GPL gegeben. Tabelle 1 stellt die in den Fachausschüssen FA 204 und FA 205 erarbeiteten bzw. zurzeit in Bearbeitung befindlichen Richtlinien in einer Übersicht dar. Die kursiv gekennzeichneten VDI-Richtlinienblätter befinden sich in Überarbeitung oder in der Erstellung; hier sind auch die Leiter/innen der Richtlinienausschüsse namentlich benannt.

FA 204 "Modellierung und Simulation"		FA 205 "Digitale Fabrik"
<i>VDI 3633 Blatt – Begriffsdefinitionen (Gründruck 1996; in Überarbeitung; Dr. Grimm)</i>		
VDI 3633 - Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen -	VDI 4465 - Modellbildung -	VDI 4499 - Digitale Fabrik -
<i>Blatt 1 – Grundlagen (überarbeitet; neuer Gründruck in 2010)</i> Blatt 2 – Lastenheft / Pflichtenheft und Leistungsbeschreibung für die Simulationsstudie (Weißdruck 1997) Blatt 3 – Experimentplanung und -auswertung (Weißdruck 1997) Blatt 4 – Auswahl von Simulationswerkzeugen (Weißdruck 1997) Blatt 5 – Integration der Simulation in die betrieblichen Abläufe (Weißdruck 2000) Blatt 6 – Abbildung des Personals in Simulationsmodellen (Weißdruck 2001) Blatt 7 – Kostensimulation (Weißdruck 2001) Blatt 8 – Maschinennahe Simulation (Weißdruck 2007) <i>Blatt 9 – Simulation und Tabellenkalkulation (konstituierend; Dr. Tolujew)</i> <i>Blatt 10 – Geschäftsprozessmodellierung und Simulation (in Erstellung; Dr. Rabe)</i> Blatt 11 – Simulation und Visualisierung (Weißdruck 2009) <i>Blatt 12 – Simulation und Optimierung (in Erstellung; Prof. Hanschke)</i>	<i>Blatt 1: Modellbildung (in Erstellung; Prof. Furmans)</i> <i>Blatt 2: Distribution Centre Reference Model (konstituierend; Prof. Furmans)</i>	Blatt 1 – Grundlagen (Weißdruck 2008) Blatt 2 – Digitaler Fabrikbetrieb (Gründruck 2009) <i>Blatt 3 – Datenmanagement und Systemarchitekturen (in Erstellung, Prof. Wenzel)</i> <i>Blatt 4 – Der Mensch in der Digitalen Fabrik (in Erstellung; Prof. Zülch)</i> In Planung sind Richtlinienblätter zu den Themen - PLM-Systeme - Augmented Reality

Tabelle 1: Überblick über alle Richtlinienaktivitäten in den FA 204 und 205

Die bereits veröffentlichten oder in diesem Jahr erscheinenden Richtlinien sind auch der Literaturliste zu entnehmen. Selbstverständlich sind die Inhalte der Richtlinien geprägt durch die ehrenamtliche Mitarbeit vieler Experten aus Industrie sowie For-

schung und Lehre. Aktualität und Ausrichtung werden dabei bestimmt durch die Arbeiten und Eindrücke der beteiligten Fachexperten und drücken einen Kompromiss ihrer Erkenntnisse aus. Hierbei kann es durchaus vorkommen, dass wichtige Inhalte bisher noch nicht in die Richtlinien eingeflossen sind. Daher sind Anregungen, aber auch die aktive Mitarbeit in den Fachausschüssen als offene Gremien jederzeit willkommen.

Literatur

- MUTZKE, Harald; RABE, Markus; WIENER, Kurt: Geschäftsprozessmodellierung und Simulation. In: Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. Hrsg.: ZÜLCH, Gert; STOCK, Patricia. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2010, S. 551-558.
- NOCHE, Bernd, WENZEL, Sigrid: Marktspiegel Simulationstechnik in Produktion und Logistik. Köln: TÜV Rheinland, 1991.
- VDI 1000: Richtlinienarbeit - Grundsätze und Anleitungen. Juni 2010.
- VDI 3633: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Begriffsdefinitionen (Gründruck). November 1996.
- VDI 3633 Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen (Gründruck). 2010.
- VDI 3633 Blatt 2: Lastenheft/Pflichtenheft und Leistungsbeschreibung für die Simulationsstudie. Dezember 1997.
- VDI 3633 Blatt 3: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Experimentplanung und -auswertung. Dezember 1997.
- VDI 3633 Blatt 4: Auswahl von Simulationswerkzeugen – Leistungsumfang und Unterscheidungskriterien. Dezember 1997.
- VDI 3633 Blatt 5: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Integration der Simulation in die betrieblichen Abläufe. Juni 2000.
- VDI 3633 Blatt 6: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Abbildung des Personals in Simulationsmodellen. Oktober 2001.
- VDI 3633 Blatt 7: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Kostensimulation. März 2001.
- VDI 3633 Blatt 8: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Maschinennahe Simulation. April 2007.
- VDI 3633 Blatt 11: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Simulation und Visualisierung. Oktober 2009.
- VDI 4499 Blatt 1: Die Digitale Fabrik, Grundlagen. Februar 2008.
- VDI 4499 Blatt 2: Die Digitale Fabrik, Digitaler Fabrikbetrieb (Gründruck). Dezember 2009.