

*Integrationsaspekte der Simulation:
Technik, Organisation und Personal*
Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.)
Karlsruhe, KIT Scientific Publishing 2010

Generierung und Integration von Simulationsmodellen unter Verwendung des Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model

Generation and Integration of Simulation Models using the Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model

Sören Bergmann, Alexander Fiedler, Steffen Straßburger
Technische Universität Ilmenau, Ilmenau (Germany)
soeren.bergmann@tu-ilmenau.de, alexander.fiedler@tu-ilmenau.de,
steffen.strassburger@tu-ilmenau.de

Abstract: Simulation technology has been demonstrated to be an effective tool for reducing costs, improving quality and shortening the time-to-market for manufactured goods in the manufacturing industry. But there are a number of technical and economic barriers that limit the use of this technology in the manufacturing industry. The costs of developing, implementing and integrating simulation systems with other manufacturing applications are high. This paper presents the purpose of the CMSD effort, provides an overview of the CMSD Information Model, and describes an approach on how the CMSD Information Model is used to support the generation and integration of manufacturing simulations. Additionally, a first prototype is introduced.

1 Motivation

Die Simulation hat sich in vielen Anwendungsbereichen innerhalb produzierender Unternehmen zu einem nicht mehr weg zu denkenden Werkzeug zur Entscheidungsfindung bzw. -unterstützung entwickelt. Die diskrete ereignisgesteuerte Simulation kann dabei von der Produkt- und Fabrikplanung bis hin zur Planung und Steuerung der Produktion zum Einsatz kommen. Oft wird schon in diesem Zusammenhang von der Digitalen Fabrik gesprochen (WENZEL 2009, S. 2). Die Idee, die kompletten Fertigungsprozesse rechnergestützt abzubilden und zu bewerten findet mittlerweile auch bei kleineren Unternehmen Anklang. Allerdings führt die Erstellung und Einbindung der Simulation immer noch zu erheblichen Kosten für Unternehmen. Schon geraume Zeit werden Ansätze verfolgt, die ermöglichen sollen, Modelle effizienter zu erstellen und den oft im Unternehmen nicht vorhandenen Simulationsexperten zu substituieren (ECKARDT 2002, S. 20). Diese Ansätze, so verschieden sie sind,

lassen sich unter dem Begriff (teil-)automatische Modellgenerierung bzw. Modellbildung subsumieren. Einige Aspekte werden in vielen Ansätzen eher vernachlässigt. So wird auf die Ermittlung von Steuerstrategien und anderen dynamischen Verhalten erst in jüngster Zeit eingegangen, auf Betrachtungen hinsichtlich der Nutzbarmachung sowie Einbindung der automatisch erzeugten Modelle in die Anwendungslandschaft der Unternehmen wird oft verzichtet. Gerade aber die einfache Integration der Simulation ist ein entscheidender Erfolgsfaktor (SPIECKERMANN 2005 S.3 ff; FRICK 2004, S. 332; SELKE 2004, S. 23 ff.; FOWLER, ROSE 2004, S.474 f.). So mangelt es nicht nur an allgemein anwendbaren Beschreibungssprachen für Modelle (EHM u.a. 2009, S. 1696 ff.), sondern vor allem auch an Standards zum Datenaustausch, die die Bedürfnisse der Simulation berücksichtigen, sowohl bei der Modellgenerierung, bei der Initialisierung des Modells, der Verifikation und Validierung als auch bei der Nutzung der Simulationsergebnisse. Im folgenden Kapitel wird zunächst das CMSD Information Model vorgestellt, bevor auf die Modellgenerierung mittels des Standards eingegangen wird. In Kapitel 4 wird eine prototypische Umsetzung eines CMSD basierten Modellgenerators vorgestellt, abschließend erfolgt eine Diskussion der Perspektiven und Grenzen des Ansatzes.

2 Das Core Manufacturing Simulation Data Information Model

Der offene Standard Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model wurde unter Federführung der Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) in Zusammenarbeit mit universitären und industriellen Partnern und unter Führung des National Institute of Standards and Technology (NIST) entwickelt. Besondere Beachtung galt den durch die SISO veröffentlichten Leitsätzen, Richtlinien und Methoden. Die Ziele des Standards sind:

- die Unterstützung bzw. Förderung der Entwicklung und Nutzung von Simulation im produzierenden Gewerbe,
- der erleichterte Datenaustausch zwischen Simulation und anderen Anwendungen im Kontext der Fertigung (vgl. Abbildung 1),
- das Ermöglichen bzw. die Verbesserung von Tests und Bewertungen von Software im Fertigungsbereich sowie
- die Verbesserung der Interoperabilität zwischen Simulationsanwendungen und betrieblichen Systemen der Fertigung bzw. zwischen verschiedenen Anwendungen im Kontext der Fertigung, z.B. ERP/PPS, CAP, CAD, DES u.v.m. (vgl. Abbildung 1; SISO 2009, S. 10; LEONG u.a. 2006, S. 3).

Der Grundgedanke, dass die gleichen Datenstrukturen sowohl für die Simulation als auch für die reale Planung und Steuerung der Fertigungsabläufe genutzt werden, verspricht viele Vorteile, z.B. Verringerung von Redundanzen, Erhöhung der Datenintegrität, Senkung von Aufwänden bei der Simulationsmodellerstellung und Nutzung.

Die CMSD Spezifikation gliedert sich in 2 Teile, der erste Teil enthält die visuelle Darstellung des Informationsmodells in Form von UML Klassen- und Paketdia-

grammen (SISO 2009), im zweiten Teil werden auf Basis des ersten Teils XML Schemata der einzelnen Datenstrukturen definiert. Teil 1 befindet sich zurzeit kurz vor Abschluss des SISO-Standardisierungsprozesses, Teil 2 ist in einer frühen Fassung verfügbar (SISO 2010).

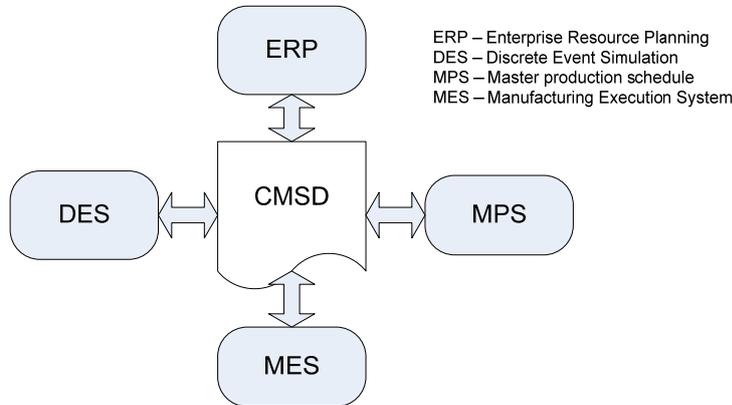


Abbildung 1: CMSD als neutrales Datenaustauschformat verschiedener Systeme der Fertigung (JOHANSSON u.a. 2007, S. 1674)

Im CMSD Information Model sind die für die Simulation von Produktionssystemen nötigen Daten beschrieben. Die definierten Pakete enthalten verschiedenste Datenstrukturen und deren Beziehungen, die für den Austausch von Produktionsdaten während des gesamten Produktentstehungs- und Herstellungsprozesses nutzbar sind (vgl. Abbildung 2).

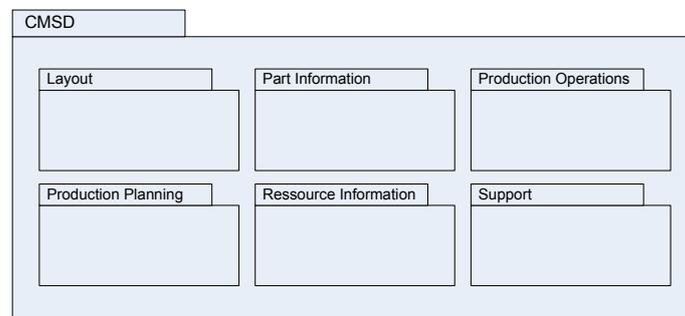


Abbildung 2: Pakete des CMSD Information Models (SISO 2009, S. 66)

Dabei sind grundlegende Strukturen definiert, die als Eingangs- oder Ausgangsdaten für Simulationswerkzeuge dienen können. So ist sowohl der Aufbau des zu simulierenden Systems als auch dessen momentaner bzw. geplanter Zustand adäquat abbildbar. Einige grundlegende Kategorien von Informationsobjekten im CMSD Information Model sind bspw. Kalender- und Ressourceninformationen sowie Stücklisten u.v.m.

Abgerundet wird das CMSD Information Model durch ein umfangreiches Unterstützungspaket (Support Paket), das unter anderem das Definieren von eigenen Datentypen, Schlüsseln, statistischen Verteilungen, Kontexten und das Abstrahieren von Sachverhalten zum Zweck der Redundanzvermeidung ebenso wie das gezielte Erweitern des Standards durch verschiedene Merkmale (Properties) erlaubt (SISO 2009, S. 16 ff.; LEONG u.a. 2006, S. 3 ff.).

Erste Untersuchungen in realitätsnahen Umgebungen zeigen, dass die Ziele, die der Entwicklung des CMSD Information Models zugrunde liegen, zumindest in den untersuchten Szenarien und der zum Zeitpunkt der Untersuchung vorliegenden Version des Standards gut erreichbar sind (JOHANSSON u.a. 2007).

3 Modellbildung und Simulationsintegration auf Basis von CMSD

Ein vielfach untersuchter Ansatz, der Modelle auf Basis von Daten aus diversen Anwendungssystemen (z.B. ERP/PPS, MES, PDM, CAP, CAD Systemen) bzw. Datenbanken der Produkt- und Produktionsplanung generiert, wird als datengetriebene Modellgenerierung bezeichnet (FRICK 2009; ECKHARDT 2002). Zu beobachten ist, dass immer wieder versucht, wird ein geeignetes Datenformat bzw. eine geeignete Schnittstelle (z.B. für BDE Systeme) zu entwickeln (JENSEN 2007; ROOKS 2009) bzw. Standards im Bereich der Fertigung für die Simulationsmodellgenerierung zu adaptieren, z.B. den Standard zur Beschreibung von Produktdaten "STandard for the Exchange of Product model data – STEP" (SPLANEMANN 1995). Aktueller Stand der Wissenschaft ist, dass systemneutrale Austauschformate einen wesentlichen Beitrag zur weiteren Verbreitung der rechnergestützten Modellgenerierung leisten können (SPIECKERMANN 2005). Weiterhin unstrittig ist, dass XML für den Datenaustausch besonders geeignet scheint, da neben dem Vorteil der Systemunabhängigkeit bei der Nutzung von XML die Möglichkeit besteht, Daten strukturiert abzuliegen (ROOKS 2009).

Die Nutzung des CMSD Standards geht über die meisten Ansätze hinaus und ermöglicht eine umfassende Integration der Simulation in betriebliche Abläufe. So kann sowohl die Modellgenerierung auf Basis von XML Dateien im CMSD Standard erfolgen als auch die Datenbereitstellung für Simulationsexperimente.

Im "Ressource Information" Paket lassen sich simulationsrelevante Informationen über Anlagen und Werker eines Fertigungsprozesses abbilden, in Verbindung mit den Daten des "Layout" Paketes zur räumlichen Anordnung ist somit eine gute Modellgenerierung möglich. Ergänzend können Daten aus dem "Production Planning" Paket (z.B. bzgl. der Schicht- und Wartungspläne), aus dem "Part" Paket (z.B. über Stücklisten) und aus dem "Production Operations" Paket, welches Prozessdetails der Fertigung kapselt (z.B. Prioritäten, Kosten, Pläne), genutzt werden (SISO 2009; LEONG 2006). Besonders hervorzuheben ist, dass in anderen Datenaustauschformaten vernachlässigte Simulationsparameter konsequent abbildbar sind, z.B. Verteilungen, Vor- und Nachfolgerbeziehungen, Fähigkeiten, Schichtkalender, Pausenzeiten, Wartungspläne, Rüstzustände und -zeiten u.v.m. Im CMSD Information Model ist die Möglichkeit detaillierte Produktionspläne zu definieren besonders ausgeprägt, ergänzend können die von WIEDEMANN (1999) beschriebenen und durch SELKE (2004) aufgegriffenen "Micro-Functions" (Strategien) in Ressourcen

als Merkmal (Property) hinterlegt werden (vgl. Abbildung 3). Damit ist das Abbilden von dynamischem Verhalten bzgl. Reihenfolgeentscheidungen, Ressourcenauswahl und Losgrößenbildung im Simulationsmodell prinzipiell möglich.

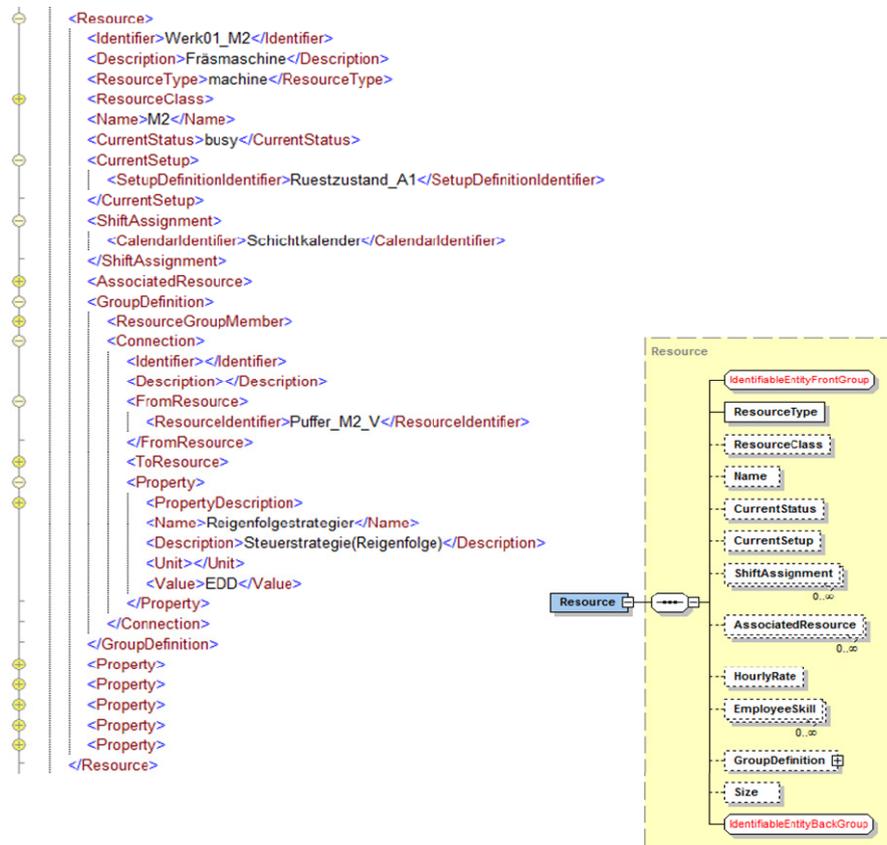


Abbildung 3: Auszug einer Beispiel CMSD Datei inklusive Schemabeschreibung

Die für die Modellgenerierung genutzten Pakete kommen im Zuge der Simulationenutzung wiederum zum Tragen, besonders die "Production Planning" und "Production Operations" Pakete beinhalten Daten, die zur Initialisierung, Validierung und für Simulationsexperimente benötigt werden. Beispielsweise können aktuelle Produktionssystemzustände, Auftragsdaten oder auch vorab aufgestellte Produktionspläne im CMSD Information Model abgebildet werden. Des Weiteren können auch Ergebnisdaten direkt in CMSD Objekten hinterlegt und somit für andere Systeme verfügbar gemacht werden, z.B. Durchlaufzeit direkt innerhalb eines Fertigungsauftrags, Auslastungen einer Ressource usw.

Im hier vorgestellten Konzept zur Modellbildung und Simulationsintegration auf Basis des CMSD Information Model ist schon bei der Modellgenerierung auf die Integrationsfähigkeit des Modells zu achten, d.h. es müssen schon bei der Modellerstellung die Schnittstellen, die für die spätere Modellnutzung nötig sind, mit gene-

riert werden, um z.B. später auch eine Initialisierung mit aktuellen Fertigungssystemzuständen oder Auftragsdaten über Daten des CMSD Information Model zu ermöglichen. Dies erlaubt überhaupt erst die Nutzung des Simulationsmodells, z.B. im Rahmen der Fertigungssteuerung zur Validierung von Plänen.

4 Prototypische Umsetzung

Zur Untersuchung und Evaluierung des CMSD Information Model wird in Plant Simulation der Firma Siemens PLM Software eine prototypische Umsetzung eines allein auf dem CMSD Standard basierenden Modellgenerators für Werkstattfertigungen implementiert. Besonderer Anspruch des Generators ist es, Schnittstellen zur Modellinitialisierung und Ergebnisverarbeitung mit zu erzeugen. Die Modellinitialisierung beinhaltet die Abbildung:

- des aktuellen Systemzustands, z.B. der Pufferbelegung, Maschinenzustände,
- aller Fertigungsaufträge, z.B. Daten zur Menge, Art und Liefertermin und
- aller Steuerungsparameter, z.B. der Reihenfolgealgorithmen in einzelnen Puffern (als Merkmal/Property) oder Plänen für das gesamte System

und erfolgt ebenso ausschließlich im CMSD Datenformat.

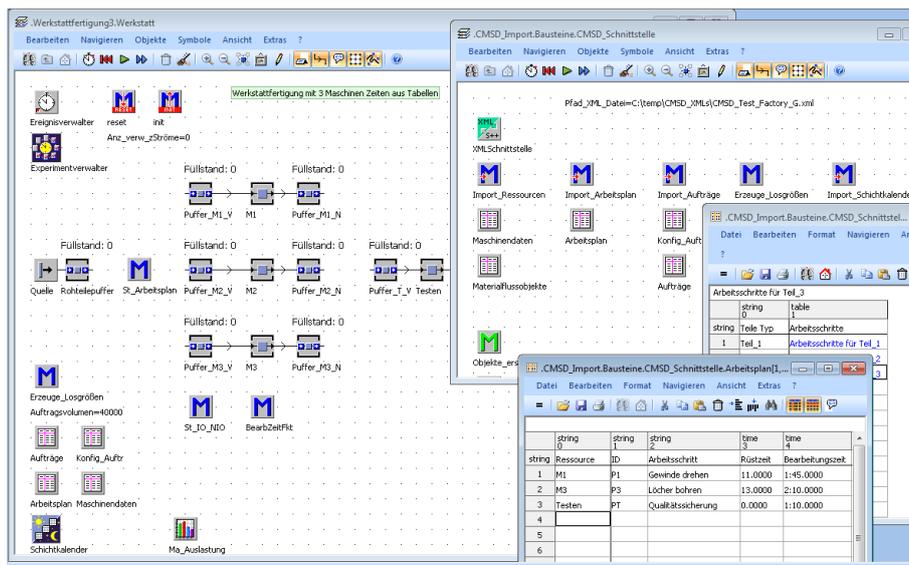


Abbildung 4: Prototyp des Modellgenerators

Die Implementierung erfolgt schrittweise am Beispiel einer Werkstattfertigung. Der Prototyp ist in zwei getrennten Schichten implementiert, zum einen einer Parsingschicht und zum anderen der Logikschicht, die die eigentliche Modellgenerierung und den Experimentinitialisator umfasst. Die Parsingschicht dient der in Plant Simulation nötigen Interpretation der XML Daten und speichert diese in Tabellen im Simulationsmodell zwischen (Abbildung 4, rechts). Auf dieser Ebene können erste

Prüfungen auf Plausibilität und Vollständigkeit der Daten und ggf. letzte Ergänzungen der Datenbasis erfolgen. In der 2. Schicht werden die Daten in konkrete Simulationsobjekte umgesetzt (Abbildung 4, links). Derzeit erfolgt eine Beschränkung der Steuerstrategien auf das Cluster "Reihenfolgeentscheidung". Die Strategiecluster "Losgrößenbildung" und "Ressourcenauswahl" werden derzeit vernachlässigt, könnten aber analog implementiert werden.

5 Zusammenfassung

Die Notwendigkeit der Verbesserung der Integration der Simulation mit anderen IT-Systemen ist weitestgehend unstrittig. Es bleibt abzuwarten inwieweit sich das CMSD Information Model als Datenformat in der Praxis durchsetzt. Bisher unterstützt kaum ein Softwaresystem der Fertigung den zugegebenermaßen recht neuen und noch nicht abschließend veröffentlichten Standard. Zweifellos hat das CMSD Information Model Potential, ggf. auch als Format zum Datenaustausch zwischen z.B. ERP/PPS und MES zum Einsatz zu kommen. Für weitere Analysen bezüglich Potentialen und Grenzen erscheint die erweiterte Umsetzung mit diversen CMSD Schnittstellen in einem Szenario mit realitätsnaher Softwarelandschaft lohnenswert.

Vorteile des CMSD Information Model sind, dass sowohl statische als zum Teil auch dynamische Informationen für die Modellgenerierung ebenso wie Daten für die Modellinitialisierung abbildbar sind. Damit ist CMSD umfassender nutzbar als andere, z.B. ausschließlich layoutbasierte Ansätze wie das Simulation Data Exchange (SDX) Datenformat. Des Weiteren ist von Vorteil, dass CMSD als offener Standard angelegt ist und nicht nur zum Datenaustausch von Simulationssystemen geeignet scheint. Grenzen des CMSD sind unter anderem bei der Kopplung verschiedener Simulationen (im Sinne einer Integration von Modellen verschiedener Simulationssysteme) zu vermuten, allerdings ist anzumerken, dass dies auch nicht Ziel der Entwicklung von CMSD war. Weitere Grenzen lassen sich bei der vollständigen Abbildung des Verhaltens eines Fertigungssystems identifizieren, wobei CMSD jedoch auch hier einen Beitrag zu leisten versucht und durch das im Standard hinterlegte Konzept der Merkmale (Properties) weitreichende Erweiterungsmöglichkeiten bietet.

Literatur

- ECKARDT, Frank: Ein Beitrag zu Theorie und Praxis datengetriebener Modellgeneratoren zur Simulation von Produktionssystemen. Aachen: Shaker, 2002.
- EHM, Hans; MCGINNIS, Leon; ROSE, Oliver: Are simulation standards in our future? In: Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference; Energy Alternatives. Hrsg.: ROSSETTI, M. D.; HILL, R. R.; JOHANSSON, B.; DUNKIN, A.; INGALLS, R. G. New York, NY: Association for Computing Machinery Order Department; Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 2009, S. 1695-1702.
- FOWLER, John W.; ROSE, Oliver: Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems. In: Simulation, San Diego, CA, 80(2004)9, S. 469-476.

- FRICK, Rainer: Datenorientierte Modellbildung in der Simulation. In: Proceedings des 20. Symposium Simulationstechnik. Hrsg.: GNAUCK, A.; LUTHER, B. Cottbus: BTU Cottbus, 2009, S.332-337.
- JENSEN, Sven: Eine Methodik zur teilautomatisierten Generierung von Simulationsmodellen. Kassel: Dissertation, Universität Kassel, 2007.
- JOHANSSON, Marcus; JOHANSSON, Björn; SKOOGH, Anders; LEONG, Swee; RIDDICK, Frank; LEE, Y. Tina; SHAO, Guodong; KLINGSTAM, Pär: A test implementation of the core manufacturing simulation data specification. In: Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference. Hrsg.: HENDERSON, S.G.; BILLER, B.; HSIEH, M.-H.; SHORTLE, J.; TEW, J. D.; BARTON, R. R. Washington, D.C: IEEE, 2007, S 1673-1681.
- LEONG, Swee; LEE, Y. Tina; RIDDICK, Frank: A Core Manufacturing Simulation Data Information Model for Manufacturing Applications. In: Proceedings of the 2006 Fall Simulation Interoperability Workshop. Hrsg.: Simulation Interoperability Standards Organization. Orlando: IEEE, 2006.
- ROOKS, Tobias: Rechnergestützte Simulationsmodellgenerierung zur dynamischen Absicherung der Montagelogistikplanung bei der Fahrzeugneutypplanung im Rahmen der Digitalen Fabrik. Clausthal: Dissertation, TU Clausthal, 2009.
- SELKE Carsten: Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung. München: Dissertation, Technische Universität München, 2004.
- SISO - Simulation Interoperability Standards Organization: Standard for: Core Manufacturing Simulation Data – UML Model. Core Manufacturing Simulation Data Product Development Group, 2009. [http://www.sisostds.org/index.php?tg=fileman&idx=get&id=49&gr=Y&path=Specifications&file=SISO-STD-008-2009+\(Draft+11+May+09\).pdf](http://www.sisostds.org/index.php?tg=fileman&idx=get&id=49&gr=Y&path=Specifications&file=SISO-STD-008-2009+(Draft+11+May+09).pdf), Stand: 26.05.2009.
- SISO - Simulation Interoperability Standards Organization: Standard for: Core Manufacturing Simulation Data – XML Schema, 2010. <http://simrest.svn.sourceforge.net/viewvc/simrest/CMSD/branches/fromUML/utis/Schema%20for%20CMSD%20V3b/>, Stand: 27.07.2010.
- SPIECKERMANN, Sven: Diskrete, ereignisorientierte Simulation in Produktion und Logistik – Herausforderungen und Trends. In: Simulation und Visualisierung. Hrsg.: SCHULZE, T.; HORTON, G.; PREIM, B.; SCHLECHTWEG, S. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität, 2005, S.3-14.
- SPLANEMANN, Ralph: Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen aus systemneutral definierten Unternehmensdaten. Bremen: Dissertation, Universität Bremen, 1995.
- WENZEL, Sigrid: Modellbildung und Simulation in Produktion und Logistik – Stand und Perspektiven. Dresden: ASIM Workshop, 2009.
- WIEDEMANN, Thomas: Database Oriented Modeling with Simulation Microfunctions. In: Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. Hrsg.: FARRINGTON, P. A.; NEMBHARD, H. B.; STURROCK, D. T.; EVANS, G. W. Phoenix: IEEE, 1999, S. 586-590.