

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

Erhöhung der Wiederverwendbarkeit von Eingangsdaten für Belieferungssimulationen durch Expertensysteme

Using an Expert System to Enhance the Reusability of Intra-Logistic-Simulation

Torben Meyer
Technische Universität Ilmenau, Ilmenau (Germany)
torben-meyer@torben-meyer.de

Hannes Müller-Sommer
Daimler AG, Sindelfingen (Germany)
hannes.mueller-sommer@daimler.com

Steffen Straßburger
Technische Universität Ilmenau, Ilmenau (Germany)
steffen.strassburger@tu-ilmenau.de

Abstract. Due to the rising complexity of in-house logistics, the validation of the logistic planning gets more important. For this reason, automotive OEMs are performing in-house logistic simulations. This kind of simulations is in-depth, but the reusability is low. The simulation expert adds the missing data to an expert system. This is to increase the reusability of the additional knowledge.

1 Einführung

In diesem Artikel wird verdeutlicht, wie die Wiederverwendbarkeit von Simulationseingangsdaten unter Verwendung eines Expertensystems gesteigert werden kann. Dies wird demonstriert an einem Simulationsprojekt aus der Automobilindustrie.

Es hat sich herausgestellt, dass im Bereich Logistik in der Automobilindustrie nur eine geringe Zahl an unterschiedlichen Ausprägungen von Simulationsstudien durchgeführt wird. Dabei handelt es sich um die Supply-Chain-, Werks-, Belieferungs- und Verkehrssimulationen. Die Belieferungssimulation untersucht das Zusammenspiel der unterschiedlichen Belieferungsprozesse mit den Einsatzfaktoren und den anderen Gewerken (vgl. MÜLLER-SOMMER, STRASSBURGER 2009).

Da die Belieferungssimulation also den innerbetrieblichen Materialfluss fokussiert, lässt die Definition einen Rückschluss auf die Systemgrenzen zu. Das Simulationsmodell betrachtet den Bereich zwischen dem Wareneingang und -ausgang. Bernhard und Schönknecht haben gezeigt, dass die Belieferungssimulation auch außerhalb der Automobilindustrie eingesetzt wird (vgl. BERNHARD, KAHE 2008; SCHÖNKNECHT 2008), auch wenn dort die in der VDA-Unterarbeitsgruppe "Ablaufsimulation" übliche Bezeichnung "Beliieferungssimulation" nicht gebräuchlich ist.

Der Zusammenhang zwischen der Wiederverwendbarkeit und dem Detaillierungsgrad hat sich nicht nur bei Simulationsmodellen als reziprok proportional erwiesen (vgl. WÜNSCH 2008). Aufgrund der hohen Detaillierung (MTM-Zeiten, Staplerleitsystem, etc.) und des ständig reifenden Mengengerüsts ist eine Wiederverwendung von Simulationsmodellen für interne Belieferungsprozesse praktisch ausgeschlossen. Da der geringe Abstraktionsgrad, der in diesem Fall durch die hohe Detaillierung der Simulationseingangsdaten begründet ist, die Wiederverwendbarkeit hemmt, setzt das in diesem Artikel vorgestellte Konzept an der Erhöhung der Wiederverwendbarkeit der Simulationseingangsdaten an.

Durch die Standardisierung von Prozessen wird eine geringere Komplexität der Intralogistik erreicht (vgl. ARNOLD 2006). Die zunehmende Standardisierung der Intralogistik wirkt ebenfalls indirekt auf die Erhöhung der Wiederverwendbarkeit des Simulationsmodells.

Nachdem in diesem Abschnitt eine Einführung in den Betrachtungsbereich durchgeführt wurde, wird im nächsten Abschnitt die Problemstellung verdeutlicht. Im Anschluss werden die Ergebnisse einer Befragung von Simulationsexperten zu diesem Themenfeld präsentiert um schließlich ein Lösungskonzept abzuleiten. Es schließen sich eine Diskussion, ein Praxisbeispiel sowie ein Fazit an.

2 Problemstellung

Aufgrund des hohen Detaillierungsgrads der Belieferungssimulation ist die Wiederverwendbarkeit der Simulationsmodelle für weitere Planungsvorhaben gering. Um eine Effizienzsteigerung bei der Durchführung von Belieferungssimulation zu erreichen muss der Aufwand reduziert werden.

Im Rahmen dieses Aufsatzes wurde unter den Simulationsexperten der deutschen Automobilhersteller eine Umfrage bzgl. der Aufwandsverteilung seitens des Simulationsexperten bei Belieferungssimulation überprüft. Die Datenbeschaffung und -aufbereitung sowie V&V-Schritte verursachen bei der Belieferungssimulation einen großen Teil des Gesamtaufwands (vgl. MÜLLER-SOMMER, STRASSBURGER 2010). Somit sind Maßnahmen der Effizienzsteigerung in diesen Arbeitsschritten anzusetzen.

Die Ursachen, warum eine vollautomatische Modellgenerierung (AMG) bei Belieferungssimulationen heute noch nicht zufriedenstellend funktioniert, sind ebenfalls im Bereich der Datenbeschaffung/-aufbereitung zu finden: Es können nicht alle für die AMG benötigten Informationen ohne manuelle Nacharbeit bereitgestellt werden beziehungsweise die Datenqualität ist trotz des hohen Detaillierungsgrades der Logistikplanung im Rahmen der Digitalen Fabrik nicht ausreichend (vgl. WACKER

2003). Jensen ist sogar der Meinung, dass bei dem "heutigem Detaillierungsgrad der Planungsdaten ein vollautomatischer Ansatz zur Modellgenerierung nicht möglich ist" (JENSEN 2007, S. 70).

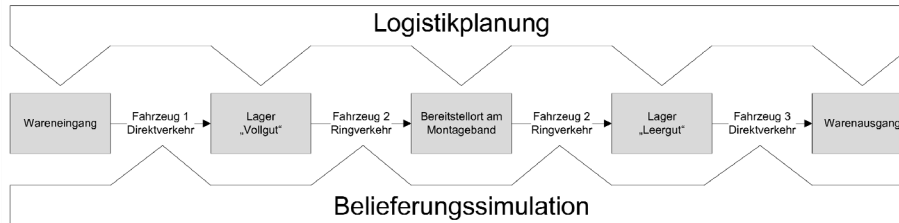


Abbildung 1: Sichtweisen der Logistikplanung und Simulation

Die Unvollständigkeit der Daten ist in den verschiedenen Sichtweisen der Logistikplanung und der Simulation begründet (Abb. 1). Die Logistikplanung wird mit einer statischen Sicht auf die Produktdaten, die Stationen der Transportkette sowie die verknüpfenden Belieferungsprozesse durchgeführt (sog. Mengengerüst). Die Strukturierung erfolgt nach dem Produkt-Prozess-Ressource-Konzept (vgl. VDI 4499, 2008). Die Planungsabsicherung mittels Materialflusssimulation fokussiert im Gegensatz dazu die Dynamik und Interdependenzen der Belieferungsprozesse, welche mit analytischen Methoden nicht umfassend abgesichert werden können. Das Resultat der verschiedenen Sichtweisen ist eine Unvollständigkeit der zukünftigen Simulationseingangsdaten, die der Simulationsexperte durch weitere innerbetriebliche Datenquellen ausgleichen muss.

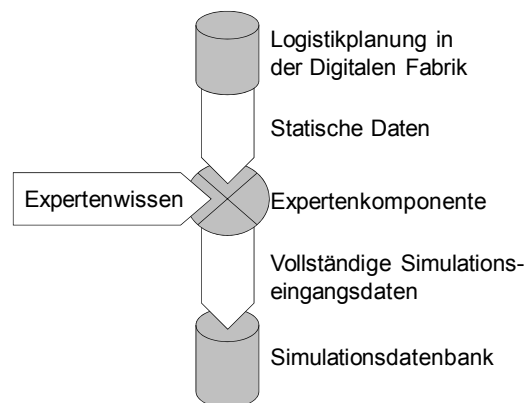


Abbildung 2: Lösungskonzept

3 Methode und Konzept

Der methodische Ansatzpunkt des in diesem Artikel vorgestellten Konzepts basiert auf der Idee, fehlende Informationen aus gespeichertem Expertenwissen wiederkehrend verfügbar zu machen. Die Ergänzung der unvollständigen und ggf. qualitativ

unzureichenden, zukünftigen Simulationseingangsdaten wird innerhalb eines Expertensystems durchgeführt, welches die Wiederverwendbarkeit des zusätzlichen Wissens sichert (Abb. 2). Von Bedeutung ist bei der Ergänzung insbesondere die genaue Kenntnis der benötigten Simulationseingangsdaten, welche durch eine Datenanalyse spezifiziert werden. Die Datenanalyse erkennt damit auch die Differenz zwischen verfügbaren und zu ergänzenden Daten, welche für die Schritte der Datenbeschaffung und -aufbereitung relevant ist.

Der Erhöhung der Wiederverwendbarkeit von Expertenwissen kommt im Kontext einer planungsbegleitenden Simulationsstudie eine besondere Bedeutung zu. Die Datenbeschaffung und -aufbereitung als Aufwand wird vielfach ausgeführt, so dass sich ineffiziente Arbeitsschritte an diesem Punkt ebenfalls vielfach auswirken. Da die Befragung der VDA-Simulationsexperten in den Arbeitsschritten Datenbeschaffung und -aufbereitung einen hohen Aufwand identifiziert hat, fokussiert das vorgeschlagene Vorgehensmodell (Abb. 3) eben diese Schritte.

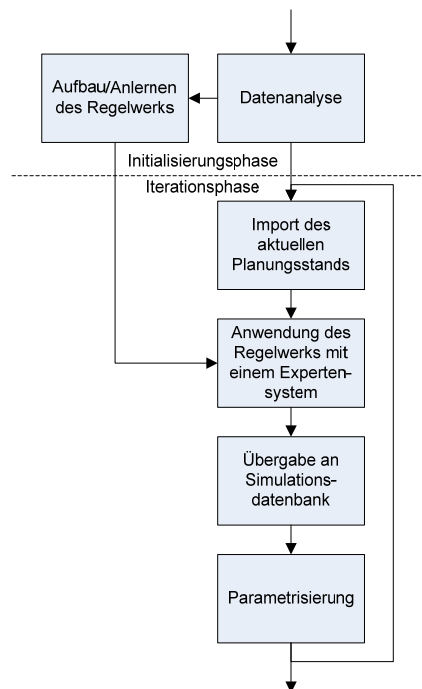


Abbildung 3: Vorgehensmodell

Generell ist bei dem Vorgehensmodell zwischen einer initialen und einer iterierenden Phase zu unterscheiden. Zur Initialphase gehören die Datenanalyse sowie das Anlernen eines Regelwerks:

- **Datenanalyse:** Bei der Datenanalyse werden die benötigten Simulationseingangsdaten definiert. Diese Daten sind abhängig von der Ausprägung der Simulation. In diesem Vorgehensmodell dient die Datenanalyse zur Bestimmung der Differenz zwischen den benötigten und den verfügbaren Daten, die

dem Simulationsexperten zur Verfügung stehen. Darüber hinaus definiert die Datenanalyse auch die Struktur der Simulationsdatenbank.

- **Regelwerk anlernen:** Die Lernphase des Expertensystems findet idealerweise einmalig in der Simulationsstudie statt. Bei allen weiteren Durchführungen der Simulation (insbesondere die Datenbeschaffung und -aufbereitung) kann auf das angelehrte Regelwerk und die aktualisierten Planungsdaten zurückgegriffen werden. In dem Regelwerk wird das Wissen hinterlegt, welches die Datenanalyse als Differenz zwischen den benötigten und den vorhandenen Daten ausgewiesen hat.

In der Iterationsphase wird der aktuelle Planungstand importiert um die Daten unter Anwendung des Regelwerks zu ergänzen, so dass schließlich vollständige Informationen für die Belieferungssimulation vorliegen.

Seitens des Simulationsexperten sind während der Lernphase zwei verschiedene Arten von Methodenwissen erforderlich. Dabei handelt es sich auf der einen Seite um Techniken der Informationsgewinnung (Interviewtechnik, Fragebögen usw.). Auf der anderen Seite sind Kompetenzen notwendig, um das zusätzliche Wissen in entsprechenden Regeln innerhalb des Expertensystems zu formulieren.

Zur Vervollständigung der zukünftigen Simulationseingangsdaten werden die Systemlastdaten in ein Expertensystem eingelesen. Während der Lernphase wird ein Regelwerk aufgebaut, welches mehrfach auf wiederkehrende Fragestellungen angewendet werden kann. Ein analoges Vorgehen wurde bereits von Rabe und Gocev auf die Simulation von Fertigungssystemen angewendet (vgl. RABE, GOCEV 2008). In diesem Fall wird das Vorgehen auf die Belieferungssimulation angewendet.

- **Import der aktuellen Planungsinformationen:** Zu Beginn der Iterationsphase wird der alte Planungsstand aus der Simulationsdatenbank entfernt, indem die Simulationsdatenbank geleert wird. Im Anschluss erfolgt der Import des aktuellen Mengengerüsts mit geeigneten Technologien (XML, Excel, Database Link etc.) in die Simulationsdatenbank.
- **Expertensystem:** In dem Expertensystem werden die aktuellen Planungsinformationen der Logistikplanung und das Regelwerk des Simulationsexperten zusammengeführt. Durch die Anwendung der Regeln werden die vorhandenen Daten ergänzt und Inferenzen generiert. Somit stehen alle benötigten Eingangsdaten zur Verfügung. Durch die wiederholte Anwendbarkeit des Regelwerks kann das Wissen wiederkehrend genutzt werden.
- **Export zur Simulationsdatenbank und Parametrisierung:** Die vollständigen Informationen werden schließlich an die Simulationsdatenbank übergeben. Somit verfügt die Simulationsdatenbank über alle Simulationseingangsdaten, die für die Belieferungssimulation benötigt werden. Das Simulationsmodell kann sich nun bei jedem Simulationsexperiment direkt aus der Simulationsdatenbank parametrisieren.

4 Diskussion

Es hat sich gezeigt, dass für das Anlernen und Anwenden des Regelwerks eine große Anzahl an Transformationssprachen zur Verfügung steht. Für die Speicherung der Expertensystems besteht ebenfalls die Auswahl zwischen verschiedenen Technologien.

Mit einer Transformationssprache werden die Regeln beschrieben und im Expertensystem angewendet. Tendenziell gibt es zwei Ausprägungen von Transformationssprachen, die an dieser Stelle diskutiert werden sollen.

Auf der einen Seite handelt es sich um die spezialisierten Transformationssprachen, welche für die Anwendung im Kontext von semantischen Netzwerken geschaffen wurden und einen weitreichenden Funktionsumfang aufweisen. Ein Vertreter dieser Ausprägung ist bspw. RuleML. Auf der anderen Seite befinden sich etablierte Technologien, deren zentrales Wirkungsfeld nicht im Zusammenhang mit semantischen Netzwerken liegt. Diese Technologien (z.B. SQL) verfügen nur über eingeschränkte Fähigkeiten zur Transformation von Daten und zur Inferenz von zusätzlichem Wissen im Vergleich zu den spezialisierten Transformationssprachen.

Analog zur Wahl der Transformationssprache gestaltet sich die Diskussion des Speicherorts des Expertensystems. Zu den spezialisierten Systemen zur Speicherung von semantischen Netzen zählt beispielsweise RDF/OWL. Bei den etablierten Technologien finden sich u.a. relationale Datenbanken.

Zusammenfassend besteht an dieser Stelle die Auswahl zwischen spezialisierten Technologien aus dem Kontext der semantischen Netze, die einen umfassenden Funktionsumfang bieten und hohen Einarbeitungsaufwand verursachen, sowie etablierten Technologien, die den Simulationsexperten vertraut sind und nicht den kompletten Funktionsumfang aufweisen.

Für jede Simulationsausprägung muss die Entscheidung separat getroffen werden. Für die von diesem Beitrag adressierten Einsatzfälle der Belieferungssimulation lässt sich feststellen, dass keine Transformation notwendig ist, welche den Funktionsumfang von SQL überschreitet. In dem folgenden Praxisbeispiel wurde daher die Entscheidung zu Gunsten von SQL als Transformationssprache und einer relationalen Datenbank getroffen. Dies reduziert weiteren Lern- und Schulungsaufwand seitens des Simulationsexperten, der einer Effizienzsteigerung gegenüber stehen würde.

5 Durchführung des Vorgehensmodells zur Belieferungssimulation

Das Vorgehensmodell wurde in einem Automobilunternehmen am Beispiel eines Premiumfahrzeuges durchgeführt. Mit der Belieferungssimulation wird die Planung der Intra-logistik abgesichert. Weil erst in der fortschreitenden Logistikplanung der Planungsumfang erhöht wird, stehen zu Beginn der planungsbegleitenden Simulation nur unvollständige Datensätze mit volatiler Datenqualität zur Verfügung.

Die Analyse der Simulationseingangsdaten bei der Belieferungssimulation ergibt drei Datenkategorien:

1. Layout
2. Mengengerüst und Transportketten (Produkt-, Ressourcen-, Prozessinformationen; kurz PPR)
3. Dezentrale simulationsrelevante Daten (Ergänzung der PPR-Daten, Planungsprämissen, Simulationsparameter)

Es handelt sich in der ersten Kategorie um Layoutdaten, welche Informationen über Lager-, Kommissionier- und Bereitstellflächen sowie das Wegenetz zur Verfügung stellen. In die nächste Kategorie (Mengengerüst und Transportketten) fallen alle Daten, die von der Logistikplanung bezogen werden. Diese Daten sind nach dem PPR-Konzept strukturiert. In der dritten Kategorie (dezentrale simulationsrelevante Daten) sind diejenigen Informationen, die nicht von der Logistikplanung bereitgestellt werden, aber für die Belieferungssimulation benötigt werden. Es handelt sich dabei überwiegend um Daten, die die Dynamik der Simulation beschreiben.

Die Analyse der dynamischen Simulationseingangsdaten der Belieferungssimulation ergibt drei verschiedene Ausprägungen an Daten. Dabei handelt es sich neben der Ergänzung der PPR-Daten um dynamische Aspekte (z.B. Verfügbarkeiten, Erstbefüllung), den Planungsprämissen (Steuerungsstrategien, Vollgut-vor-Leergut oder Leergut-vor-Vollgut etc.) auch um die Initialwerte für die Simulationsparameter (Anzahl Transportmittel, Routenverläufe).

Bei Erreichung eines in sich abgeschlossenen Zustands der Logistikplanung (z.B. ein Meilenstein) wird die iterative Phase der Belieferungssimulation durchgeführt. Nach dem Import der aktuellen Planungsdaten aus der Digitaler Fabrik erfolgt die Anwendung der Regeln (hier in SQL formuliert) in dem Expertensystem (zwecks Vereinfachung direkt auf die Simulationsdatenbank; vgl. Diskussion). Durch die Anwendung der Regeln wurde der aktuelle Planungsstand um das Wissen des Simulationsexperten ergänzt, so dass alle benötigten Informationen vorliegen. Das Modell kann nun aufgebaut und parametrisiert werden. Darüber hinaus ist das Wissen für weitere Iterationsschleifen verfügbar.

6 Fazit

Das Ziel der hier vorgestellten Methode ist die Unterstützung des Simulationsexperten in den wiederkehrenden Arbeitsschritten Datenbeschaffung und -aufbereitung. Der Ansatzpunkt ist die Erhöhung der Wiederverwendbarkeit der Simulationseingangsdaten durch die Speicherung des Wissens des Simulationsexperten in einem Regelwerk bzw. im Expertensystem.

Das Praxisbeispiel konnte die Effektivität der vorgestellten Methode illustrieren. Bei Simulationsmodellen, die vielfach mit aktualisierten Daten versorgt werden, kann durch die Automatisierung der Datenaufbereitung und -vervollständigung der zukünftigen Simulationseingangsdaten eine Effizienzsteigerung erreicht werden. Somit ist diese Methode ein weiterer Beitrag in Richtung AMG.

Die Wiederverwendbarkeit der Planungsdaten für die Simulation konnte durch den Einsatz eines Expertensystems gesteigert werden. Der Simulationsexperte wird

damit transparent bei planungsbegleitenden Simulationsprojekten in den Arbeitsschritten Datenbeschaffung und -aufbereitung entlastet.

Literatur

- BERNHARD, Jochen; KAHE, Thorsten: Simulation und Modellmanagement in der Getränkeindustrie. In: *Advances in Simulation for Production and Logistics Applications*. Hrsg.: RABE, Markus. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 199-208.
- JENSEN, Sven: Eine Methodik zur teilautomatisierten Generierung von Simulationsmodellen aus Produktionsdatensystemen am Beispiel einer Job Shop Fertigung. Kassel: Kassel University Press, 2007.
- MÜLLER-SOMMER, Hannes; STRASSBURGER, Steffen: Ausprägungen und Nutzungsgrad der Logistiksimulation im Umfeld der Automobilindustrie. In: *Proceedings des 20. Symposiums Simulationstechnik ASIM 2009*. Hrsg.: GNAUCK, Albrecht und LUTHER, Bernhard. Cottbus: Universität, 2009, S. 353-361.
- MÜLLER-SOMMER Hannes; STRASSBURGER, Steffen: Methoden zur Plausibilisierung von Eingangsdaten für Belieferungssimulationen in Logistik-Planungssystemen der Digitalen Fabrik. In: *Proceedings des 21. Symposiums Simulationstechnik ASIM 2010*. Hrsg.: ZÜLCH, Gert. Karlsruhe, 2010.
- RABE, Markus; GOCEV, Pavel: Semantic Web Framework for Rule-Based Generation of Knowledge and Simulation of Manufacturing Systems. In: *Enterprise Interoperability III*. Hrsg.: MERTINS, Kai u.a. London: Springer-Verlag, 2008, S. 397-409
- SCHNEIDER, Markus: Taktische Logistikplanung vor Start-of-Production (SOP) – Aufgabenumfang und softwarebasierte Unterstützung im Rahmen der Virtuellen Logistik bei der AUDI AG. In: *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen*. Hrsg.: SCHUH, Günther; STÖLZLE, Wolfgang; STRAUBE, Frank. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, S. 161-173.
- SCHÖNKNECHT, Axel: Planung und Simulation intralogistischer Systeme. Hamburg: Forschungsinstitut für Logistik, 2008.
- VDI 3633 Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen (Entwurf). März 2010.
- VDI 4499 Blatt 1: Die Digitale Fabrik, Grundlagen. Februar 2008.
- WACKER, Roland: Automatische Generierung von Simulationsmodellen auf Basis einer Socket-Lösung mit Planungsdatenbank und dem Simulationssystem Quest von Delmia, am Beispiel des Montagewerkes 2 in Tuscaloosa/USA des Unternehmens DaimlerChrysler. Diplomarbeit, Fachhochschule Esslingen, Institut für Produktionsmanagement und Logistik (IPL).
- WÜNSCH, Georg: Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme. München: Herbert Utz Verlag, 2008.