

Referenzmodelle für die Simulation von logistischen Prozessen in Industriegeschereien

Reference Models for Simulation Modeling of Logistic Processes in Industrial Laundries

Marcel Müller, Tobias Reggelin, Maximilian Licht, Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg, Magdeburg (Germany), marcell.mueller@ovgu.de,
tobias.reggelin@ovgu.de, maximilian.licht@ovgu.de

Abstract: This paper describes the implementation of reference models for the application of a simulation model to various logistic processes in industrial laundries. The objective is to reduce the modeling effort for new applications significantly. The paper also provides industry-specific conceptual models, system descriptions and gives information about various development issues. The applicability and transferability of the reference models as well are discussed.

1 Motivation

In Deutschland stehen Industriegeschereien aufgrund einer Marktkonzentration und des zunehmenden Personalmangels unter einem hohen Innovationsdruck. Bei der Planung neuer Produktions- und Materialflusssysteme werden dabei häufig Simulationsmodelle eingesetzt (Müller et al. 2018a; Müller et al. 2018b). Bei ganzheitlichen Betrachtungsansätzen im Unternehmen ist der Aufwand der Modellierung für jede neu betrachtete Industriegescherei erneut hoch, da aufgrund des unterschiedlichen Materialflusses (Wäschearten, Anteil Personen- und Mietwäsche) im System und der daraus folgenden unterschiedlichen Kapazitäten der Bearbeitungsstationen, die Modelle immer stark angepasst werden müssen. Hinzukommen übliche dynamische Veränderungen im Unternehmen, die nicht immer hinreichend seitens des Industriekunden kommuniziert werden.

Sogenannte Referenzmodelle sollen diesen Modellierungsaufwand für Simulationsingenieure reduzieren und den Industriekunden stärker einbeziehen. Diese Veröffentlichung zeigt die Umsetzung von Referenzmodellen für logistische Prozesse in Industriegeschereien auf und gibt Aufschluss über verschiedene Problemstellungen, die sich bei der Entwicklung ergeben haben.

2 Referenzmodelle

Seit vielen Jahren wird an der Entwicklung von Referenzmodellen zur Simulation in Produktion und Logistik gearbeitet. Die Veröffentlichungen zu Konzepten, Methoden und anwendbaren Modellen auf diesem Gebiet sind zahlreich (vgl. u.a. Ehm et al. 2011; Tolujew et al. 2010; Jain 2006; Rabe et al. 2006; Wenzel 2000). Für die (mikroskopische) Simulation von Produktions- und Logistiksystemen wurden Referenzmodelle, u.a. vom Arbeitskreis „Referenzmodelle“ der ASIM-Fachgruppe „Simulation in Produktion und Logistik“, erarbeitet. (Klinger und Wenzel 2000)

Ein Referenzmodell ist eine systematische und allgemeingültige Beschreibung eines definierten Bereichs der Realität mit den, für eine vorgegebene Aufgabenstellung, relevanten charakteristischen Eigenschaften. Das Referenzmodell legt das zugehörige Modellierungskonzept fest und dient im Bereich der Simulation als Konstruktionsschema für den Entwurf von allgemeinen, aufgabenbezogenen Simulationsmodellen. Das Grundprinzip der Referenzmodelle ist ein modularer und hierarchischer Aufbau, sodass komplexe Modelle durch Verknüpfung von Modulen beziehungsweise Prozessen erstellt werden können (Klinger und Wenzel 2000). Referenzprozesse sollen in diesem Zusammenhang als Teilkomponenten der Modelle verstanden werden.

3 Systembeschreibung und konzeptionelles Modell

Zur Systembeschreibung sei der Systembegriff allgemein und zielorientiert definiert. Schenk beschreibt ein System "[...] als eine Menge von Elementen (Komponenten), die durch Beziehungen (Relationen) zur Verfolgung gesetzter Ziele verknüpft sind, [...]" (Schenk und Wirth 2004). Das System steht in Beziehung zu den Gütern, die in der Logistik „Logistikprodukt“ genannt werden (Illés et al. 2007).

Das logistische System der Industriegewäscherei ist von der Besonderheit gekennzeichnet, dass das Gesamtsystem einem Kreislauf unterliegt. Der grundlegenden Geschäftsidee der Dienstleistung des Waschens folgt die Konsequenz, dass keine Güter (Logistikprodukte) im eigentlichen Sinne produziert werden, sondern im Kern nur ein wertschöpfender Prozess „Waschen“ stattfindet. Zusätzlich erfolgen je nach Wäscheart noch weitere Wertschöpfungen wie „Bügeln“ oder „Falten“. Demnach sind die Logistikprodukte gekennzeichnet von einem hohen Maß an Wiederverwendung. Das wirkt zunächst nachhaltig, ist aber in erster Linie nur dem Produkt und dem Geschäftsmodell geschuldet.

Die grundlegende Struktur des Wäschekreislaufes untergliedert sich somit in der Beziehung zwischen Kunde und Industriegewäscherei, wie Abbildung 1 als Gesamtsystem aufzeigt. Die Systemgrenzen sind „quasi geschlossen“ (Schenk und Wirth 2004) und werden nur durch Neukauf von Textilien oder nicht mehr nutzbaren Textilien durchdrungen. Dadurch erhöht oder verringert sich die Stoffmenge im Materialfluss.

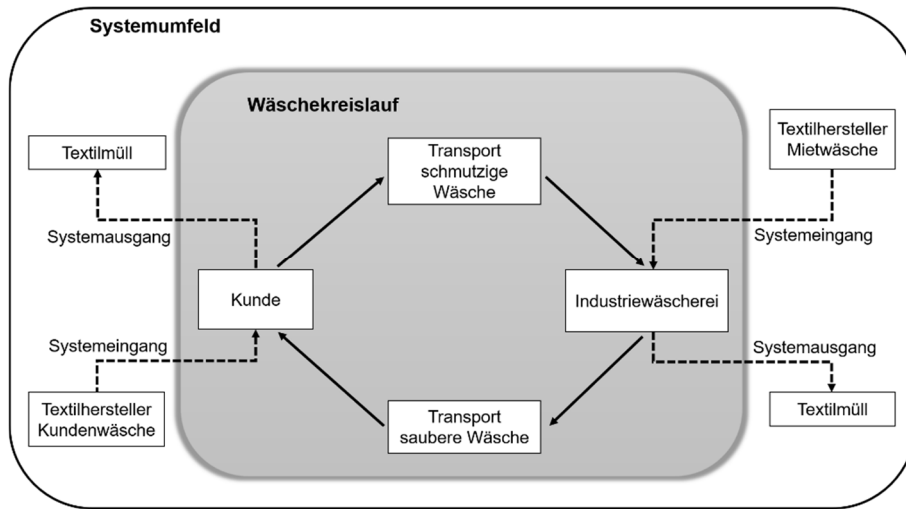


Abbildung 1: Gesamtsystem "Wäschekreislauf" mit einzelnen Systemelementen und Relationen

Entscheidend für die Modellierung sind jedoch die Prozesse in der Industriegewäscherei. Diese werden deshalb auch in einem höheren Detailgrad modelliert. Die Subsysteme „Kunde“, „Transport schmutzige Wäsche“ und „Transport saubere Wäsche“ werden konzeptionell und im Simulationsmodell nur grob abgebildet. Zum besseren Verständnis ist das Subsystem „Industriegewäscherei“ in Abbildung 2 zu sehen, das die typischen Elemente (hier Prozesse und räumliche Einheiten) in einer Industriegewäscherei aufzeigt.

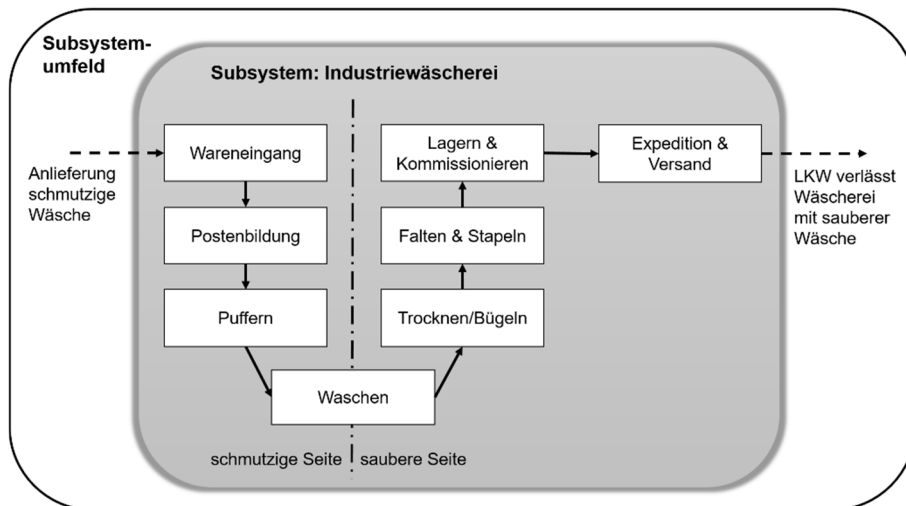


Abbildung 2: Subsystem "Industriegewäscherei" mit typischen Prozessen und räumlichen Einheiten

Zunächst wird bei der Anlieferung von Schutzwäsche diese im Wareneingang entgegengenommen. Moderne Industriegewäschereien besitzen an dieser Stelle bereits automatische Vereinnahmungssysteme, die die Wäschestücke mithilfe von RFID-Tags in der Kleidung identifizieren. Bei der Postenbildung werden anschließend Wäscheposten gebildet, die den Waschkammern und dem geplanten Waschprogramm entsprechen. Hierbei findet teilweise ein aufwendiger Sortierprozess statt. Sollte nach der Postenbildung die erste Waschkammer nicht frei sein oder das falsche Waschprogramm eingestellt sein, müssen die Wäscheposten gepuffert werden. Nach dem Waschen erfolgt in der Regel eine Aufteilung des Materialflusses nach Wäschearten. So werden einige Wäschearten, wie Laken oder Handtücher, nur durch Mangeln getrocknet, während beispielsweise Hemden und Berufskleidung durch Finisher geglättet oder manuell gebügelt werden. Eine Faltung und Stapelung erfolgt bei den letzten beiden genannten Wäschearten in der Regel automatisch mittels Falt- und Stapelmaschinen. Es sei denn, es handelt sich um Personenwäsche. Diese wird häufig manuell nachbearbeitet. Wird die fertige Wäsche nicht sofort benötigt, was bei Mietwäsche eher der Fall ist, wird sie in Rollcontainern zwischengelagert. Der Versand erfolgt ebenfalls in Rollcontainern, welche aber im Vorfeld noch manuell kommissioniert werden müssen.

Die Leistungskennzahlen der einzelnen Subsysteme sind abhängig von den Stellgrößen der jeweiligen Elemente im Subsystem. Zum Beispiel sind für den Stützprozess „Lagern“ lokale Kennzahlen wie durchschnittlicher Lagerbestand, Umschlaghäufigkeit und Lagernutzungsgrad entscheidend.

Das Gesamtsystem hingegen wird vereinfacht nach dem tatsächlichen Durchsatz und dessen Anteil an der Grenzleistung im jeweiligen Subsystem bewertet, um etwaige Engpässe im Gesamtsystem zu identifizieren. Eine weitere Ergebnisgröße des Simulationsmodells ist die Auslastung der einzelnen Bearbeitungsmaschinen und des Personals.

Abbildung 3 stellt konzeptionell neben den Ergebnisgrößen noch die Eingangs- und Stellgrößen des Simulationsmodells, vom Gesamtsystem, aggregiert dar. Optimiert wird derzeit nur durch manuelle Verfahren der Kapazitäts- und Personaleinsatzplanung.

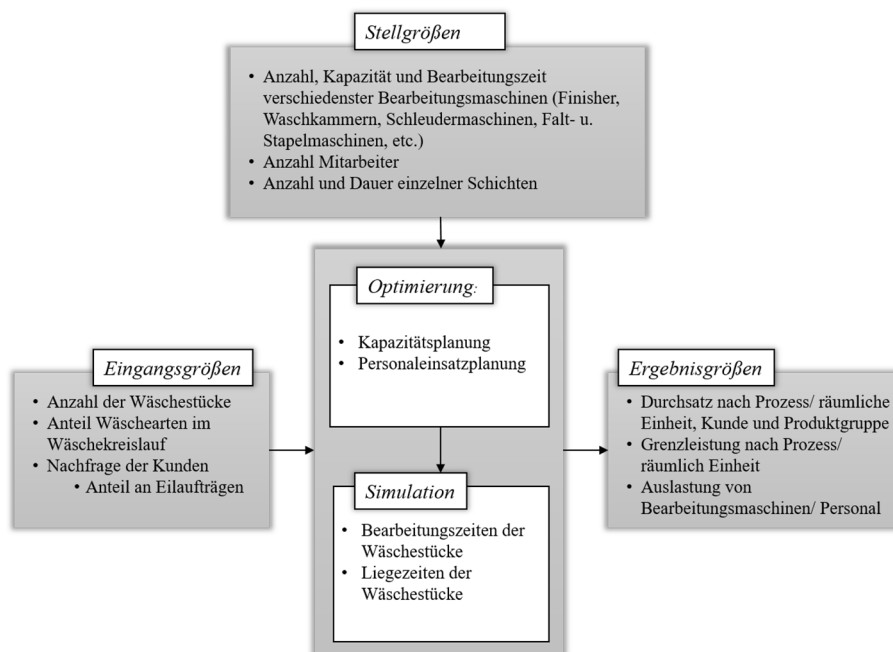


Abbildung 3: Konzeptionelles Modell vom Simulationsmodell des Gesamtsystems, Darstellung in Anlehnung an: (März et al. 2011)

4 Technische Implementierung

Mit zunehmenden branchengleichen Anwendungsfällen steigt der Bedarf zur Standardisierung der Modellbildung. In diesem Fall wurden bereits mehrere Simulationsmodelle für verschiedene Industriegäschereien entwickelt. Ziel ist es deshalb Referenzmodelle für das Subsystem „Industriegäscherei“ zu entwickeln, um den künftigen Aufwand zur Modellbildung zu reduzieren, Standards zu schaffen und die Interaktion mit dem Simulationsmodell leichter zu gestalten, so dass auch Anwender mit weniger Programmiererfahrung Parameteranpassungen und kleinere Strukturänderungen durchführen können. Es wird an dieser Stelle von mehreren Referenzmodellen gesprochen, da die einzelnen Elemente innerhalb des Subsystems „Industriegäscherei“ ebenfalls modelliert werden und damit Submodelle bilden.

Die Referenzmodelle wurden in der Simulationssoftware Plant Simulation umgesetzt. Die Auswahl der Software ist vor allem auf die bereits gesammelte Erfahrung mit dieser Software und die Anforderungen, wie beispielsweise Vorgaben zur Schnittstellenanbindung, im Forschungsprojekt zurückzuführen. Es ist davon auszugehen, dass andere Simulationssoftware sich ebenfalls für die Entwicklung von

Referenzmodellen eignet. Als Grundfunktionen muss die Software die Entwicklung von eigenen Bausteinbibliotheken zulassen und sollte die Möglichkeit zur Bildung von Submodellen geben. Außerdem ist eine Funktion zur Erstellung von benutzerfreundlichen Oberflächen hilfreich, da Referenzmodelle häufig von unerfahrenen Nutzern bedient werden sollen.

Abbildung 4 zeigt die Benutzeroberfläche der Referenzmodelle auf der höchsten Aggregationsebene. Der Nutzer kann über verschiedene Dialogfenster die Parameter für einzelne Systemelemente ändern. Die grundlegende Struktur des Modells ist jedoch gesperrt, um versehentliche Änderungen zu vermeiden. Erfahrenere Nutzer können diese Sperre aufheben, um mit den standardisierten Modellbausteinen aus der Toolbox am oberen Bildschirmrand zu arbeiten und die Struktur des Simulationsmodells der eigenen Situation in der Wäscherei anzupassen.

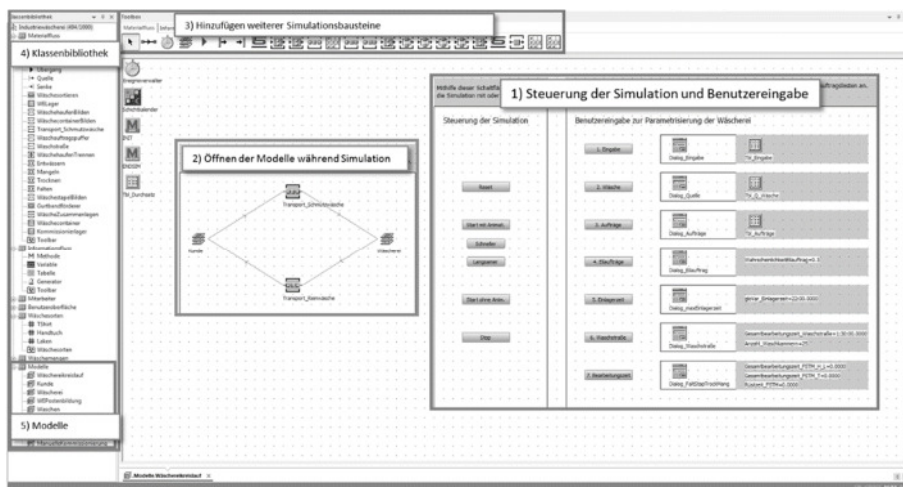


Abbildung 4: Benutzeroberfläche der Referenzmodelle in der Simulationssoftware Plant Simulation. Für die konkrete Parametereingabe lassen sich über das Menü verschiedene Dialogfenster öffnen.

Die Entwicklung der Bausteinbibliotheken kann abhängig von der Software und des Anwendungsfalls unterschiedlich erfolgen. Es müssen unterschiedlichste Elemente wie Prozesse, Steuerungen und Flussobjekte zusammengefasst werden.

Tabelle 1 zeigt diese Zuordnung für den konkreten Fall. Dabei wird darauf geachtet, dass die Struktur ähnlich der Standardbibliotheken, wie zum Beispiel „Materialfluss“ und „Informationsfluss“, von Plant Simulation erhalten bleibt, um eine kürzere Einarbeitungsphase, zumindest für Nutzer mit Erfahrung, in dieser Software zu ermöglichen. Die Unterteilung in „Wäschesorten“ und „Wäschemengen“ hat den Hintergrund, dass aufgrund der Branchenspezifität häufig eine Stapelung der Güter erfolgt und die Mengen technisch mit Ladehilfsmitteln, wie beispielsweise Stapel oder Rollcontainern, umgesetzt werden.

Tabelle 1: Zuordnung der Logistikprodukte und -prozesse und weiteren Elementen zu einzelnen Bausteinbibliotheken

Bereich	Bausteinbibliothek
Waschvorgänge und -prozesse wie Postenbildung, Waschen, Wäschetrocknung, Mangeln und Stapeln	Materialfluss
Steuerung der Waschvorgänge und -prozesse	Informationsfluss
Mitarbeiter der Kommissionierung der Industriegescherei	Mitarbeiter
Benutzerdefinierte Anpassung des Simulationsmodells	Benutzeroberfläche
Wäschesorten	Wäschesorten
Wäschemengen	Wäschemengen
Teilmodelle des Wäschereikreislaufs und der Industriegescherei	Modelle

5 Anwendbarkeit und Ergebnisse

Die Anwendbarkeit der Referenzmodelle muss kritisch hinterfragt werden, da die Referenzmodelle auf Basis von Projekterfahrung mit nur vier Industriegeschereien entstanden sind. Bei knapp 5.000 Industriegeschereien in Deutschland kann hierbei folglich nicht von einer Repräsentativität ausgegangen werden. Dennoch zeigen eigene Recherchen, dass sich viele Prozessschritte im Wesentlichen nicht unterscheiden. Außerdem wurden für einige Industriegeschereien mehrere Modelle in unterschiedlicher Software angefertigt sowie zwischen einem mikro- und mesoskopischen Modellierungsansatz variiert (Brandau et al. 2015).

Dennoch gibt es einige Ausnahmen: So werden zwar typische Elemente in Industriegeschereien, wie Waschstraßen, abgebildet und können parametrisiert werden, aber eventuelle Sonderfälle bei beispielsweise kleineren Wäschereien, die noch Waschsleudermaschinen benutzen, werden nicht berücksichtigt. Dabei wäre gerade dort der Materialfluss im Bereich „Waschen“ ein anderer, da parallel in kleineren Chargen, aber mit Unterbrechungen, gewaschen werden würde. Hier muss das Modell künftig eindeutig erweitert werden, um die Generalisierbarkeit zu erhöhen. Ein anderer wichtiger und typischer Aspekt in Industriegeschereien wurde dagegen detailliert umgesetzt: die unterschiedliche Handhabung von Miet- und

Lohnwäsche (kundeneigene Wäsche). Bei der Lohnwäsche gibt es wiederum einen Anteil von Individual-/ Personenwäsche, die in der Nachbearbeitung und Kommissionierung besonders gehandhabt wird. Sie wird beispielsweise individuell und manuell von Mitarbeitern gelegt und durchläuft somit nicht die Falt- und Stapelmaschinen. Da sich der Anteil von Miet-, Lohn- und Personenwäsche stark zwischen den Industriegeschereien unterscheidet, war es wichtig, diese Differenzierung detailliert zu modellieren. Eine Kategorisierung der Industriegeschereien, die in spezifische Modellvorlagen münden könnte, wäre deshalb entweder über den Anteil an Miet-, Lohn- und Personenwäsche oder aber über die Größe der Industriegescherei (gewaschene Wäsche in Tonne pro Tag, bspw. < 5 t; 5 t – 20 t; > 20 t) denkbar.

Einfacher generalisieren lässt sich dagegen die produktbezogene Prozessabfolge (nach Wäscheart), da die Prozessschritte für eine Wäscheart bezüglich der Reinigung und Nachbehandlung in der Regel gleich sind. Die Variation der Wäschearten wird im Simulationsmodell zwar nur beispielhaft durch drei Wäschearten repräsentiert, doch sind diese vergleichsweise leicht erweiterbar, da die Prozessschritte mit mindestens einer der drei Wäschearten identisch sind.

Die Referenzmodelle wurden neu entwickelt und noch nicht in der Industrie angewendet, weshalb noch keine absoluten Ergebnisse zum reduzierten Modellierungsaufwand vorliegen. Dennoch ist fraglich, wenn die Modelle bereits Anwendung fänden, ob tatsächlich die Reduzierung des Modellierungsaufwandes hinreichend genau nachgewiesen werden könnte. Der Initialaufwand zur Erstellung der Referenzmodelle betrug 2,75 Personenmonate und setzte sich zusammen aus der Anforderungsanalyse und der Entwicklung der Bausteinbibliothek inklusive ihrer einzelnen Elemente, sowie der Benutzeroberfläche. Da künftige Teilaufgaben wie die Entwicklung der Benutzerschnittstelle und einzelner Elemente somit wegfallen, würde sich eine Aufwandsreduzierung bei künftigen Modellen von mindestens einem Personenmonat pro Modell ergeben.

Ein möglicher Versuchsaufbau zum Nachweis der tatsächlichen Aufwandsreduzierung könnte die Erstellung von hinreichend vielen Simulationsmodellen eines Simulationsingenieurs für mehrere Industriegeschereien sein, wobei eine Hälfte mit Referenzmodellen und die andere ohne Referenzmodelle erstellt werden. Lerneffekten des Simulationsingenieurs durch das erneute Anfertigen der Modelle könnte mit abwechselnder Nutzung von Referenzmodellen entgegengetreten werden. Problematisch wäre dennoch genügend Anwendungsbeispiele zu finden, die eine reale Modellierungssituation widerspiegeln, beispielsweise mit den typischen Rückfragen, die zu einem zyklischen und iterativen Modellierungsprozess führen. Ein anderer Ansatz zum Versuchsaufbau wäre es, unterschiedliche Simulationsingenieure in zwei Gruppen zu unterteilen, die entweder mit Referenzmodellen beziehungsweise ohne Zuhilfenahme dieser Modelle ein hinreichend realistisches Beispiel einer Industriegescherei modellieren. Fraglich ist hierbei jedoch, ob sich genügend Simulationsingenieure für einen solchen Versuch finden, um statistisch valide Aussagen zu treffen und gegebenenfalls eine signifikante Reduktion des Modellierungsaufwandes nachzuweisen.

6 Fazit und Ausblick

Dieser Beitrag beschreibt die Anwendung von Referenzmodellen für Industriegäschereien mithilfe von Plant Simulation. Grundsätzlich konnte dabei ein allgemeines Modell mit entsprechenden Submodellen für Industriegäschereien entwickelt werden, welches leicht vom Nutzer angepasst (zumindest bei kleineren Strukturänderungen) und parametrisiert werden kann. Dennoch zeigt sich, dass verschiedene, weitere Arbeiten sich daran anschließen sollten, um die Generalisierbarkeit des Modells zu erhöhen und projektspezifische Anpassungen zu minimieren. So fehlen beispielsweise Referenzmodelle zu komplexeren Steuerungen, die meist auf Erfahrungswerte in den einzelnen Unternehmen beruhen und deren alleinige Modellierung in der Regel bereits eine Herausforderung darstellt. Hierbei wäre es auch denkbar, dass diese Bausteine aus dem Modell ausgelagert werden und die Steuerungsbefehle über Schnittstellen/ Erweiterungen importiert werden. Dadurch könnten die individuellen Entscheidungsregeln aus der Industriegäscherei beispielsweise bei den Sortierungs- und Postenbildungsstrategien einfacher in das Modell einfließen.

Auch der Aspekt der Layoutplanung ist nicht in allen Submodellen berücksichtigt. Das heißt die Gesamtanordnung innerhalb der Industriegäscherei wurde nicht generalisiert und stattdessen tendenziell prozesshaft betrachtet. Das bedeutet, dass eine gesamtheitliche Betrachtung von Laufwegen der Mitarbeiter noch nicht berücksichtigt werden kann und nur innerhalb der entsprechenden Submodelle funktioniert.

Künftige Anwendungen der entwickelten Referenzmodelle werden die tatsächlichen Einsparpotentiale aufzeigen. Dennoch wurde bereits darauf hingewiesen, dass eine quantifizierbare Untersuchung der Aufwandseinsparungen vermutlich sehr aufwendig sein wird, wenn tatsächlich valide Ergebnisse erzeugt werden sollen.

Außerdem könnte ein ausführlicheres Kennzahlensystem, das die lokalen Leistungskennzahlen über Gewichtungen oder andere Berechnungsvorschriften zusammenführt, eine umfangreichere Bewertung des Gesamtsystems ermöglichen. Ferner könnten (Meta-)Heuristiken oder Methoden der künstlichen Intelligenz verwendet werden, um das Gesamtsystem schneller zu optimieren.

Danksagung

Die Inhalte des Beitrags wurden im Rahmen des FuE-Kooperationsprojektes „LOCSystem“ (Laundry Order Consolidation System) erarbeitet. Unser Dank gilt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), welches das Projekt durch das Förderprogramm „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ mit dem Fördermodul ZIM-KOOP/ Fördersäule Kooperationsnetzwerke finanziert.

Literatur

- Brandau, A.; Weigert, D.; Tolujew, J.: Anwendungen von Simulation zur Verbesserung von Prozessabläufen in Industriegeschäften. In: Rabe, M.; Clausen, U. (Hrsg.): *Simulation in Production and Logistics 2015*, Dortmund, 23.09.2015 - 25.09.2015, 2015, S. 289–298.
- Ehm, H.; Wenke, H.; Monch, L.; Ponsignon, T.; Forstner, L.: Towards a supply chain simulation reference model for the semiconductor industry. In: Jain, S. (Hrsg.): *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, Phoenix, AZ, USA, 11.12.2011 - 14.12.2011, 2011, S. 2119–2130.
- Illés, B.; Glistau, E.; Coello Machado, N.: *Logistik und Qualitätsmanagement*. Miskolc, Hungary: University of Miskolc 2007.
- Jain, S.: A conceptual framework for supply chain modelling and simulation. *International Journal of Simulation and Process Modelling* 2 (2006) 3/4, S. 164.
- Klinger, A.; Wenzel, S.: *Referenzmodelle-Begriffsbestimmung und Klassifikation*. Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik. Gent, Belgien: Society for Computer Simulation International (2000), S. 13–29.
- März, L.; Krug, W.; Rose, O.; Weigert, G.: *Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer 2011.
- Müller, M.; Reggelin, T.; Schmidt, S.: Simulation-based planning and optimization of an automated laundry warehouse using a genetic algorithm. In: Bruzzone, A.G. (Hrsg.): *The 17th International Conference Modeling and Applied Simulation (MAS 2018)*. Rende, Italien 2018, S. 153–158.
- Müller, M.; Reggelin, T.; Schmidt, S.; Weigert, D.: Simulation-based Planning and Dimensioning of an Automatic Laundry Storage and Retrieval Unit with Dynamic Storage Location Sizes. In: Rabe, M.; Juan, A.A.; Mustafee, N.; Skoogh, A.; Jain, S.; Johansson, B. (Hrsg.): *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference (WSC 2018)*, Göteborg, Schweden, 09.12.2018 - 12.12.2018, 2018b, S. 2977–2988.
- Rabe, M.; Jaekel, F.-w.; Weinaug, H.: Reference Models for Supply Chain Design and Configuration. In: Perrone, L.Felipe; Lawson, B.G.; Liu, J.; Wieland, F.P. (Hrsg.): *Proceedings of the 38th conference on Winter simulation*, Monterey, CA, USA, 03.12.2006 - 06.12.2006, 2006, S. 1143–1150.
- Schenk, M.; Wirth, S.: *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik*. Berlin, Heidelberg: Springer 2004.
- Tolujew, J.; Reggelin, T.; Kaiser, A.: Discrete Rate Simulation als grundlegendes Paradigma bei der Entwicklung von mesoskopischen Flussmodellen. In: Zülch, G.; Stock, P. (Hrsg.): *Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal*. Karlsruhe: KIT Scientific Publ 2010, S. 437–444.
- Wenzel, S. (Hg.): *Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik*. Ghent: SCS 2000.