

---

## Vorwort

Die Digitalisierung in der Produktion ist ein zentrales Zukunftsthema für den Innovationsstandort Deutschland. Ihre konsequente Umsetzung trägt dazu bei, Mehrwerte zu schaffen und international wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Digitalisierung vernetzt Kunden und Mitarbeiter, Produkte und Technologien, Maschinen und Systeme bis hin zu Lieferketten und Produktionsnetzen und rückt so die gesamte Wertschöpfungskette in den Fokus von Ressourceneffizienz, Produktivität und Flexibilität. Speziell die Materialflusssimulation als digitales Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung bei der Planung, Inbetriebnahme und im Betrieb von Fabrik- und Logistiksystemen kann vielfältige Hinweise und Informationen geben, um diese komplexen Systeme in ihren Abläufen und Strukturen sowie den mannigfaltigen Interdependenzen aller Elemente systematisch zu durchdringen und kontinuierlich zu verbessern.

Als größte europäische Simulationstagung für Produktion und Logistik präsentiert die ASIM Fachtagung dazu alle zwei Jahre zukunftsweisende Trends, Forschungsergebnisse und aktuelle Entwicklungen sowie interessante Anwendungen in der Industrie. Der vorliegende Tagungsband umfasst die Beiträge der 18. ASIM Fachtagung „Simulation in Produktion und Logistik“ (SPL 2019) am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz. Diskutiert werden zahlreiche neue Forschungsaspekte und Anwendungsbeispiele, von Fragen der effizienten Datenbereitstellung und automatischen Modellerstellung, der Simulationsnutzung zur virtuellen Assistenz, im Gutachterwesen oder im Rahmen von Lernumgebungen, der simulationsbasierten Bewertung und Optimierung von fahrerlosen Transportsystemen oder von Fertigungssteuerungsstrategien, um nur einige wenige zu nennen. Ganz bewusst stehen die Berichte aus Forschung und Lehre, Entwicklung und industrieller Nutzung gleichberechtigt nebeneinander und folgen so unserem Anspruch, Trends aufzugreifen, für Visionen zu begeistern und konkrete Lösungen zu präsentieren.

Herzlich bedanken möchten wir uns bei allen Autorinnen und Autoren, den Mitgliedern des Programmkomitees, den beteiligten Unternehmen der Industrieausstellung und dem Organisationskomitee, ohne die eine solche Tagung nicht möglich wäre. Ein besonderer Dank gilt auch der DUALIS GmbH IT Solution, der SimPlan AG, der Systems Navigator B.V. und der Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH für die finanzielle Unterstützung der Tagung.

Wir hoffen, mit der Tagung und dem vorliegenden Band einen aktuellen und vertiefenden Einblick sowie Gelegenheiten zum gegenseitigen Austausch zu bieten und wünschen Ihnen viel Vergnügen, zahlreiche Erkenntnisse und Gewinn bei der Lektüre des Tagungsbands.

Chemnitz, im September 2019

Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz

Dr.-Ing. Andreas Schlegel

## **Foreword**

Digitalization in production is a central topic of the future for Germany as a location of innovations. The systematic implementation of digital technologies contributes to creating genuine added values and to remaining competitive on an international scale. Digitalization links customers and employees, products and technologies, machines and systems, even supply chains and production networks, thus placing the entire value chain into the focus of resource efficiency, productivity and flexibility. In particular, the simulation of material flows as a digital tool for decision-making in planning, commissioning and operation of factories and logistics systems can offer a wide range of advice and information for systematically investigating and continuously improving these complex systems with their processes, structures and interdependencies.

Every two years, the ASIM Dedicated Conference as Europe's largest conference on simulation in production and logistics presents future-oriented trends, research results, current developments and significant industrial applications.

These conference proceedings comprise the contributions of the 18th ASIM Dedicated Conference "Simulation in Production and Logistics" (SPL'2019) at Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology IWU in Chemnitz. Numerous new research aspects and application examples are discussed, including questions of efficient data provision and automated model generation, simulation for virtual assistance, simulation topics in the field of consulting or within the framework of learning environments, simulation-based evaluation and optimization of AGV or mobile robot systems or regarding strategies of production control. The reports from research and teaching, development and industrial use are deliberately placed on an equal footing, thus following our claim to pick up trends, to inspire visions and to present concrete solutions.

We want to give thanks to all authors, to the members of the International Advisory Board, the companies participating in the industrial exhibition and the organization committee, without whom such a conference would not be possible. Special thanks goes to DUALIS GmbH IT Solution, SimPlan AG, Systems Navigator B.V. and Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH for their financial support of this conference.

By presenting this conference and the proceedings, we hope to offer you current and detailed knowledge and opportunities for a mutual exchange, wishing you joyful and pleasant reading with numerous fruitful findings.

Chemnitz, September 2019

Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz

Dr.-Ing. Andreas Schlegel

## Contents

### HAUPTVORTRAG

#### KEYNOTE

Nutzen von Simulation und Künstlicher Intelligenz in der Intralogistik  
*Klug, Markus; Rief, Georg; Konrath, Karina; SSI Schäfer IT Solutions GmbH..... 1*

### DIGITALE FABRIK UND DATA SCIENCE

#### DIGITALE FACTORY AND DATA SCIENCE

Integration maschineller Lernverfahren in eine Materialflusssimulation zur  
 Verhaltensabstraktion und -vorhersage komplexer Fertigungssysteme  
*Donhauser, Toni; Technische Hochschule Ingolstadt;  
 Kisskalt, Dominik; Mayr, Andreas; Scholz, Michael; FAU Erlangen-Nürnberg;  
 Schuderer, Peter; Technische Hochschule Ingolstadt;  
 Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg..... 19*

Anwendung von Verfahren des maschinellen Lernens auf Basis von Data Farming  
 am Beispiel eines Clusteralgorithmus  
*Schuh, Günther; Prote, Jan-Philipp; Hünnekes, Philipp; Saueremann, Frederick;  
 Müller, Christiane; Maetschke, Jan; WZL der RWTH Aachen ..... 29*

VDI Fachausschuss Digitale Fabrik - Darstellung der aktuellen Aktivitäten und  
 Richtlinien  
*Matysczok, Carsten; UNITY AG;  
 Seewaldt, Marco; TU Clausthal ..... 39*

Automated Generation of a Digital Twin Using Scan and Object Detection for Data  
 Acquisition  
*Denkena, Berend; Dittrich, Marc-André; Stobrawa, Sebastian; Leibniz Universität  
 Hannover;  
 Stjepandić, Josip; PROSTEP AG ..... 49*

Online Single Machine Scheduling Based on Simulation and Reinforcement  
 Learning  
*Xie, Shufang; Zhang, Tao; Rose, Oliver; Universität der Bundeswehr München .... 59*

Usage of Simulation Models to Compare and Increase Accuracy of Statistical  
 Forecast of Logistical KPI in Manufacturing Environments  
*Gißrau, Mike; Muche, Lutz; Ertelt, Michael; SYSTEMA GmbH;  
 Hartmann, Claudio; TU Dresden ..... 69*

The Role of Simulation in a Cyber-Physical Production Environment  
*Gergö, Monek; Szántó, Norbert; Jósmai, János; Széchenyi István University..... 79*

**ENERGIEEFFIZIENZ, -FLEXIBILITÄT UND NACHHALTIGKEIT**

## ENERGY EFFICIENCY, ENERGY FLEXIBILITY AND SUSTAINABILITY

- E-Grocery in Terms of Sustainability - Simulating the Environmental Impact of Grocery Shopping for an Urban Area in Hanover  
*Auf der Landwehr, Marvin; Trott, Maik; von Viebahn, Christoph; Hochschule Hannover* ..... 87
- Modelling of Energy Storage Devices and Converters for Energy Flow Simulation in Plant Simulation  
*Tur, Bogac; Fischer, Eva; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg; Bergs, Christoph; Siemens AG; Schulze, Christine; TU Braunschweig* ..... 97
- Agent-Based Simulation for Multi-Criterial Planning and Control of Automated Electroplating Lines  
*Leiden, Alexander; Thiede, Sebastian; Herrmann, Christoph; TU Braunschweig* 111
- Deep-Learning-basierte Prognose von Stromverbrauch für die hybride Simulation  
*Wörrlein, Benjamin; Bergmann, Sören; Feldkamp, Niclas; Straßburger, Steffen; TU Ilmenau* ..... 121
- Vergleichende Darstellung zweier Werkzeuge zur Simulation energetischer Aspekte in der Produktion  
*Prell, Bastian; Strehle, Hanns-Martin; Schlegel, Andreas; Putz, Matthias; Fraunhofer IWU* ..... 131
- Berücksichtigung elektrischer Lastspitzen in der ereignisdiskreten Simulation eines Materialflusssystems  
*Turek, Karsten; Siegel, Armin; Schmidt, Thorsten; TU Dresden* ..... 143
- Simulationsbasierte Optimierung zur Energieersparnis und Verbrauchsflexibilisierung in der Hinterlandentwässerung  
*Heger, Jens; Voß, Thomas; Leuphana Universität Lüneburg* ..... 153
- Verfolgung von Bauteil- und Anlagentemperaturen in Produktionssystemen zur Energiesimulation bei thermischen Einflussfaktoren  
*Donhauser, Toni; Technische Hochschule Ingolstadt; Mayr, Andreas; FAU Erlangen-Nürnberg; Baier, Lukas; Technische Hochschule Ingolstadt; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg* ..... 163

**MENSCHLICHE ARBEIT, ASSISTENZ UND PERSONALEINSATZ**

## HUMAN WORK, ASSISTANCE AND PERSONNEL PLANNING

- Berücksichtigung der Varianz der menschlichen Laufwege in der Planungssimulation von Produktionsprozessen der Mensch-Roboter-Kollaboration  
*Spitzhörn, Michael; Ullmann, Sascha; imk automotive GmbH; Harsch, Ann-Kathrin; Bdiwi, Mohamad; Fraunhofer IWU* ..... 173
- Entwicklung und Stand der Personaleinsatzsimulation und deren Einbeziehung in die Digitale Fabrik  
*Zülch, Gert; Karlsruher Institut für Technologie* ..... 183

Ontologiebasierte Methodik zur Unterstützung der Nachnutzung von Simulationswissen <i>Stolipin, Jana; Wenzel, Sigrid; Universität Kassel</i> .....	193
Evaluation der virtuellen Absicherung hybrider Montagesysteme mittels Kinematik- und Ergonomiesimulationswerkzeugen <i>Metzner, Maximilian; Heinlein, Pascal; Wytopil, Benedict; FAU Erlangen-Nürnberg; Donhauser, Toni; Technische Hochschule Ingolstadt; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg</i> .....	203
Simulationsgestützte Lernumgebung für Energieeffizienz <i>Stange, Carsten; Bös, Mathias; SDZ GmbH</i> .....	213
Literature Review on Training Simulators in Manufacturing Processes <i>Knoke, Benjamin; Gorldt, Christian; Thoben, Klaus-Dieter; BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH</i> .....	223
Simulation of Mental Workload in a Logistics System <i>Clausen, Uwe; Kirberg, Marc; Pötting, Moritz; TU Dortmund; Rinkenauer, Gerhard; Renker, Johanna; Kreuzfeld, Magali; Plewan, Thorsten; Leibnitz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo)</i> .....	235
Simulation und Optimierung einer Variantenfließlinie - ein Fallbeispiel einer Montage von Portalwaschanlagen <i>März, Lothar; STREMLER AG; Mielke, Jörg; WashTec Cleaning Technology GmbH</i> .....	245
Einsatz von Machine-Learning-Algorithmen zur Prädiktion vakanter Simulationseingangsdaten am Beispiel der Produktion maritimer Großstrukturen <i>Illgen, Benjamin; Sender, Jan; Fraunhofer IGP; Flügge, Wilko; Universität Rostock</i> .....	255
<b>LOGISTIK UND LIEFERKETTEN</b>	
LOGISTICS AND SUPPLY CHAINS	
Entwicklung eines Bausteinkastens zur Simulation mobiler Lagerroboter <i>Gutenschwager, Kai; Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften; Völker, Sven; Hochschule Ulm</i> .....	265
Unternehmensübergreifende Erstellung von Supply-Chain-Modellen in der Cloud <i>Gutenschwager, Kai; Steinke, Jonas Gernot; Theile, Marcel; Wilhelm, Bastian; Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften; Fechteler, Till; SimPlan AG</i> .....	275
Fahrzeugkoordination und -konfiguration in Hochleistungs-Shuttle-Systemen <i>Habl, Andreas; Lienert, Thomas; Pradines, Germain; Fottner, Johannes; TU München</i> .....	285
Effizientes Tauschen der Zeitfenster von Transportaufträgen in Truck Appointment Systems <i>Lange, Ann-Kathrin; Grafelmann, Michaela; Schwientek, Anne; Jahn, Carlos; TU Hamburg</i> .....	295

Test Course Creation for Automated Guided Vehicles <i>Allmacher, Christoph; Klimant, Philipp; TU Chemnitz</i> .....	305
Scheduling Charging Operations of Autonomous AGVs in Automotive in-house Logistics <i>Selmair, Maximilian; BMW Group; Hauers, Stefan; CNX Consulting Partners; Gustafsson-Ende, Linda; BMW Group</i> .....	315
A new Simulation Approach for Scheduling Consolidation Activities in Intralogistics - Optimising Material Flow Processes in Industrial Practice <i>Trott, Maik; Auf der Landwehr, Marvin; von Viebahn, Christoph; Hochschule Hannover</i> .....	325
An Approach for Reducing the Search Space for Simheuristics Applications in Logistics Networks in Trading <i>Rabe, Markus; Ammouriova, Maja; Schmitt, Dominik; Chicaiza-Vaca, Jorge; TU Dortmund</i> .....	335
<b>SIMULATION IM FABRIKBETRIEB</b>	
SIMULATION IN FACTORY OPERATION	
Simulationsbasiertes Entscheidungssystem für die Produktionsplanung und -steuerung in einem Holzverarbeitenden Betrieb <i>Stalinski, David; Scholz, Dieter; FH Münster</i> .....	345
Quantifizierung von Einsatzgrenzen einer zentralen und dezentralen Steuerungsstruktur <i>Willeke, Nils; TU Berlin; Hohwieler, Eckhard; Fraunhofer IPK; Scheffermann, Robert; ; Uhlmann, Eckart; TU Berlin</i> .....	355
Simulationsbasierte Untersuchung von Prioritäts- und Kommissionierregeln zur Steuerung des Materialflusses in der Blechindustrie <i>Mieth, Carina; Schmid, Nicole; TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH &amp; Co. KG; Meyer, Anne; TU Dortmund; Sommer, Lutz; Hochschule Albstadt-Sigmaringen</i> .....	369
Ein Simulationssystem zur ganzheitlichen Unterstützung der Produktionsplanung und -steuerung für eine Unikatfertigung von Betonfertigteilen <i>Steinhauer, Dirk; Hildebrandt, Torsten; SimPlan AG</i> .....	381
Modellierung und Simulation von modularen Produktionssystemen <i>Feldkamp, Niclas; Bergmann, Sören; Straßburger, Steffen; TU Ilmenau</i> .....	391

Simulation-Based Optimisation Approach for Efficient Generation of Sequencing Heuristics for Solving the Stochastic Resource-Constrained Scheduling Problem  
*Kühn, Mathias; Schmidt, Thorsten; Völker, Michael; TU Dresden* ..... 403

Simulation-Based Data Analysis to Support the Planning of Flexible Manufacturing Systems  
*Filz, Marc-André; Herrmann, Christoph; Thiede, Sebastian; TU Braunschweig*.. 413

Simulative Evaluierung einer flexibilitätsorientierten Selbststeuerung in frei verketteten Montagesystemen  
*Müller, Daniel; Meyer, Anne; TU Dortmund*..... 423

**SIMULATION UND WIRTSCHAFTLICHKEIT**

SIMULATION AND ECONOMY

Systematic Logistics Service Engineering: Computer Simulation for Tender Management in Contract Logistics  
*Elbert, Ralf; Sarnow, Tessa; TU Darmstadt*..... 435

Visualization and Analysis of Customer Provided Forecasts  
*Nurgazina, Jamilya; Felberbauer, Thomas; FH St. Pölten; Altendorfer, Klaus; Zeiml, Sarah; FH Oberösterreich*..... 445

Planung und Simulation wandlungsfähiger Supply Chains in der Produktion elektrifizierter Antriebe  
*Niemann, Jens; BMW AG; Schlegel, Andreas; Putz, Matthias; Fraunhofer IWU*..... 455

**THEORIEN UND METHODEN DER SIMULATIONSTECHNIK**

THEORY AND METHODOLOGY OF SIMULATION TECHNIQUE

Simulation von Bauablaufstörungen mit agentenbasierten Petri-Netzen unter Nutzung eines BIM-Modells für gutachterliche Bauzeitanalysen  
*Gnerlich, Ralf; Franz, Volkhard; Universität Kassel*..... 467

Wertstromsimulation unter Nutzung mobiler Endgeräte  
*Spieckermann, Sven; Stauber, Stephan; SimPlan AG; Wedel, Michael; Daimler AG* ..... 479

Model-Based Optimisation with Tree-structured Parzen Estimation for Discrete Event Simulation at Container Terminals  
*Kastner, Marvin; Nellen, Nicole; Jahn, Carlos; TU Hamburg* ..... 489

Using Simheuristics for Supporting Risk-Aware Decision Making in Transport and Logistics under Uncertainty Scenarios  
*Rabe, Markus; Klüter, Astrid; TU Dortmund; Juan, Angel A.; Bayliss, Christopher; Panadero, Javier; Universitat Oberta de Catalunya* ..... 499

**SIMULATIONSANWENDUNG IN INDUSTRIE UND DIENSTLEISTUNG**

## SIMULATION APPLICATIONS IN INDUSTRY AND SERVICES

Simulative Untersuchung von Aluminium-Druckgussbetrieben anhand von Modellen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad

*Dettelbacher, Johannes; Schlüter, Wolfgang; Hochschule Ansbach..... 509*

Simulation zur Evaluation der Optimierung eines Bikesharing-Systems

*Müller, Christian; Gönsch, Jochen; Universität Duisburg-Essen..... 519*

Referenzmodelle für die Simulation von Prozessen in Industriewäschereien

*Müller, Marcel; Reggelin, Tobias; Licht, Maximilian; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg..... 531*

Simulation Model for the Installation of Semi-submersible Foundations for Floating Offshore Wind Turbines

*Weigell, Jürgen; Deshpande, Anish; Jahn, Carlos; TU Hamburg ..... 541*

**INBETRIEBNAHME UND INSTANDHALTUNG**

## COMMISSIONING AND MAINTENANCE

Einfluss von zuverlässig prognostizierten Stillstandzeiten auf die simulationsbasierte Priorisierung von Maschinenstillständen in komplexen Produktionssystemen

*Hegemann, Michael; Daimler AG;*

*Nickel, Stefan; Karlsruher Institut für Technologie ..... 551*

Anwendungsorientierte Simulationsbausteine für die schlanke virtuelle Inbetriebnahme verketteter Produktionssysteme

*Grzona, Pierre; Knüpfer, Patrick; Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH;*

*Wilsky, Philipp; Horler, Samuel; TU Chemnitz ..... 561*