

## Contents

### DIGITALER ZWILLING UND DIGITALER SCHATTEN

#### DIGITAL TWIN AND DIGITAL SHADOW

Die neue VDI-Richtlinie zur Prognose von Umgebungseinflüssen in der Digitalen Fabrik <i>Zülch, Gert; Karlsruher Institut für Technologie; Keller, Volker; Stadler Rail Service Deutschland</i> .....	1
Digital-physische Verbundkonzepte: Gegenüberstellung, Nutzeffekte und kritische Hürden <i>Scheer, Richard; Robert Bosch GmbH; Straßburger, Steffen; TU Ilmenau; Knapp, Marc; Robert Bosch GmbH</i> .....	11
Simulationsbasierte Bewertung von kombinierten Lean und Industrie 4.0 Maßnahmen in wandlungsfähigen Produktionssystemen <i>Martin, Niels L.; Dér, Antal; Langer, Adrian; Henningsen, Nadja; Ortmeier, Christian; Abraham, Tim; Herrmann, Christoph; TU Braunschweig</i> .....	21
Der Digitale Zwilling als echtzeitnahes Fertigungsabbild <i>Selmaier, Andreas; Herbert, Meike; Sjarov, Martin; FAU Erlangen-Nürnberg; Distler, Johannes; Fürst, Jens; Siemens Healthcare GmbH; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg</i> .....	31
Von der Simulation zum Experimentierbaren Digitalen Zwilling und zurück <i>Schluse, Michael; Roßmann, Jürgen; RWTH Aachen</i> .....	41

### ENERGIEEFFIZIENZ, -FLEXIBILITÄT UND NACHHALTIGKEIT

#### ENERGY EFFICIENCY, ENERGY FLEXIBILITY AND SUSTAINABILITY

Modulare Simulation bei der energieorientierten Planung industrieller Heiz- und Kühlsysteme <i>Moog, Daniel; Borst, Fabian; Weigold, Matthias; TU Darmstadt</i> .....	51
Simulationsbasierte Optimierung zur Konfiguration von ökoeffizienten Supply Chains <i>Schreiber, Lucas; Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik (IML); Niehus, Christian; TU Dortmund; Moroff, Nikolas; Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik (IML)</i> .....	61
Analyse von konventionellen Prioritätsregeln zur Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen <i>Terbrack, Hajo; TU Dresden; Claus, Thorsten; IHI Zittau; Götz, Matthias; TU Dresden; Herrmann, Frank; Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg; Selmair, Maximilian; BMW Group</i> .....	75

Material- und Energieflusssimulation zur prädiktiven Bestimmung von Ofenreinigungsintervallen <i>Dettelbacher, Johannes; Schlüter, Wolfgang; Hochschule Ansbach</i> .....	85
Eine Datenbank für klassifizierte Forschungs- und Anwendungsberichte zu energieorientierter Simulation in Produktion und Logistik <i>Stoldt, Johannes; Fraunhofer IWU;</i> <i>Prell, Bastian; TH Wildau;</i> <i>Rabe, Markus; TU Dortmund;</i> <i>Wenzel, Sigrid; Universität Kassel;</i> <i>Thiede, Sebastian; University of Twente</i> .....	93
Simulation-based assessment of energy demand and costs associated with production scrap in the battery production <i>Ventura Silva, Gabriela; Thomitzek, Matthias; Abraham, Tim;</i> <i>Herrmann, Christoph; TU Braunschweig</i> .....	103
<b>EREIGNISDISKRETE SIMULATION</b>	
DESCRETE EVENT SIMULATION	
A modular, discrete-event simulation framework for modelling free ranging transportation vehicles in intralogistics <i>Reith, Karl-Benedikt; Rank, Sebastian; Schmidt, Thorsten; TU Dresden</i> .....	113
Referenzmodell zur wertstrombasierten Simulation von Unstetigförderern in der Grobplanungsphase von Produktionssystemen <i>Rabe, Markus; TU Dortmund;</i> <i>Wincheringer, Walter; Sohny, Tobias; Hochschule Koblenz</i> .....	123
Application of discrete-event simulation for factory planning - A case study <i>Herbert, Meike; Selmaier, Andreas; Mühlmann, Felix; FAU Erlangen-Nürnberg;</i> <i>Fürst, Jens; Siemens Healthcare GmbH;</i> <i>Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg</i> .....	133
Einsatz der ereignisdiskreten Materialflusssimulation bei Methoden aus der kontinuierlichen Verbesserung im Fertigungsumfeld: Erfolg und Auswirkungen der Speedweek 4.0 <i>Sitz, Sarah; Zerreis, Maximilian; Robert Bosch GmbH;</i> <i>Lechler, Tobias; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg</i> .....	143
Methoden und Konzepte des Digitalen Logistikzwillings der AG der Dillinger Hüttenwerke (Dillinger) <i>Herzog, Alexander; TU Clausthal;</i> <i>Necil, Jan; Pollet, Martin; Busch, Heike; AG der Dillinger Hüttenwerke</i> .....	157
Einsatz ereignisdiskreter Simulation zur simultanen Allokation von Bestands-, Kapazitäts- und Zeitpuffern in variabilitätsbeeinflussten Produktionssystemen <i>Lenze, David; TU Dortmund;</i> <i>Schallow, Julian; RIF e.V. - Institut für Forschung und Transfer;</i> <i>Deuse, Jochen; TU Dortmund</i> .....	167

**INTRALOGISTIK, LIEFERKETTEN UND PRODUKTIONSNETZWERKE**

## INTRALOGISTICS, SUPPLY CHAINS AND PRODUCTION NETWORKS

- Simulationsbasierte Validierung eines automatisierten Produktions- und Materialflusssteuerungssystems  
*Lichtenstern, Isabella; Wucherer, Stefanie; Hochschule für angewandte Wissenschaften Augsburg;*  
*Klarmann, Steffen; Valeo Schalter und Sensoren GmbH;*  
*Kerber, Florian; Hochschule für angewandte Wissenschaften Augsburg..... 177*
- Einfluss von Störungen auf den Umgang mit Deadlocks in einem fahrerlosen Transportsystem  
*Müller, Marcel; Ulrich, Jan Hendrik; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg;*  
*Reyes Rubiano, Lorena Silvana; University of La Sabana;*  
*Reggelin, Tobias; Zadek, Hartmut;*  
*Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ..... 187*
- Simulationsbasierte Untersuchung der Grenzproduktivität von Robotern in einem AutoStore-Lagersystem  
*Galka, Stefan; Scherbarth, Christoph; OTH Regensburg ..... 197*
- Simulationsmodell mit 3D-Animation zur schnellen Bewertung von Ablaufplänen in der Produktion  
*Rolf, Benjamin; Reggelin, Tobias; Lang, Sebastian; Müller, Marcel;*  
*Prehm, Johann; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg..... 207*
- Demand Driven Resupply of Offshore Components by Cascading Simulation and Linear Optimization  
*Rippel, Daniel; Lütjen, Michael; Universität Bremen;*  
*Szczerbicka, Helena; Universität Hannover;*  
*Freitag, Michael; Universität Bremen ..... 217*
- Utilising Relations between Actions to Improve the Performance of Optimisation Procedures for Distribution Networks  
*Rabe, Markus; TU Dortmund;*  
*Ammouriova, Maja; Universitat Oberta de Catalunya..... 227*
- Analytical and Empirical Study of Proper Parameters for TOC under Uncertainty  
*Rükgauer, Andreas; FHWS Würzburg-Schweinfurt ..... 237*

**PRODUKTIONSPROZESSE**

## PRODUCTION PROCESSES

- Die Materialflusssimulation im Kontext eines Produktlebenszyklusmanagements  
*Pöge, Carsten; Meyer, Torben; Volkswagen AG..... 247*
- Optimierung der Auslastung eines Matrix-Montage-Systems durch Konzeptionierung und Implementierung eines Genetischen Algorithmus für Maschinenbelegungsplanung  
*Purgander, Jana; Hinckeldeyn, Johannes; TU Hamburg ..... 257*

Modularer Simulationsbaukasten zur Modellierung der Instandhaltungsabläufe in Zugdepots <i>Donhauser, Toni; Siemens Mobility GmbH;</i> <i>Natterer, Niklas; Siemens Advanta Consulting;</i> <i>Genc, Emin; Siemens Mobility GmbH</i> .....	267
Collaborative Virtual Reality System for Industrial based Assembly Training <i>Müller, Rainer; Hörauf, Leenhard; Eichenwald, Max; ZeMA gGmbH</i> .....	275
Simulationsbasierte Konfiguration der Stationen von Matrix-Produktionssystemen <i>Völker, Sven; Verbeet, Richard; Technische Hochschule Ulm</i> .....	285
Rückwärtssimulation als Instrument zur Produktionsplanung - Erkenntnisse aus einer praxisbezogenen Fallstudie <i>Schneider, Germar; Scholl, Wolfgang;</i> <i>Infineon Technologies Dresden GmbH &amp; Co. KG;</i> <i>Leissau, Madlene; Laroque, Christoph;</i> <i>Westfälische Hochschule Zwickau</i> .....	295
 <b>SIMULATION MIT DATA ANALYTICS UND MACHINE LEARNING</b> SIMULATION WITH DATA ANALYTICS AND MACHINE LEARNING	
Scalable cooperative Multi-Agent-Reinforcement-Learning for order-controlled on schedule manufacturing in flexible manufacturing systems <i>Denkena, Berend; Dittrich, Marc-André; Fohlmeister, Silas; Kemp, Daniel;</i> <i>Palmer, Gregory; Leibniz Universität Hannover</i> .....	305
A review on simulation metamodeling for decision support systems using artificial neural networks <i>Billiet, Harold; Stark, Rainer; TU Berlin</i> .....	315
Towards Production-Ready Reinforcement Learning Scheduling Agents: A Hybrid Two-Step Training Approach Based on Discrete-Event Simulations <i>Kemmerling, Marco; Samsonov, Vladimir; Janke, Tim; Lütticke, Daniel;</i> <i>Cybernetics Lab IMA &amp; IfU;</i> <i>Gützloff, Andreas; Schmidhuber, Matthias; WZL der RWTH Aachen;</i> <i>Meisen, Tobias; Cybernetics Lab IMA &amp; IfU;</i> <i>Schuh, Günther; WZL der RWTH Aachen</i> .....	325
Entscheidungsbäume und bestärkendes Lernen zur dynamischen Auswahl von Reihenfolgeregeln in einem flexiblen Produktionssystem <i>Heger, Jens; Abdine, Mazhar Zein El; Sekar, Sughanthan;</i> <i>Voß, Thomas; Leuphana Universität Lüneburg</i> .....	337
An Approach for Deep Reinforcement Learning for Production Program Planning in Value Streams <i>West, Nikolai; Hoffmann, Florian; Schulte, Lukas; TU Dortmund;</i> <i>Hernandez Moreno, Victor; University of Technology;</i> <i>Deuse, Jochen; TU Dortmund</i> .....	347

---

<p>Simulative dispatching optimization of maintenance resources in a semiconductor use-case using reinforcement learning  <i>Altenmüller, Thomas; Hoffmann, Clara; Infineon Technologies AG; May, Marvin Carl; Kuhnle, Andreas; Lanza, Gisela; Karlsruher Institut für Technologie</i>.....</p>	<p>357</p>
<p>Automatisierung im Prozess der Wissensentdeckung in Simulationsdaten - Charakterisierung der Ergebnisdaten  <i>Genath, Jonas; Bergmann, Sören; Feldkamp, Niclas; Straßburger, Steffen; TU Ilmenau</i>.....</p>	<p>367</p>
<p>Entwicklung einer integrierten Lösung für das Data Farming und die Wissensentdeckung in Simulationsdaten  <i>Genath, Jonas; Bergmann, Sören; TU Ilmenau; Spieckermann, Sven; Stauber, Stephan; SimPlan AG; Feldkamp, Niclas; TU Ilmenau</i>.....</p>	<p>377</p>
<p>Simulationsgestützter Ansatz zur Verbesserung der Leistungsprognose maschineller Tunnelvortriebe mithilfe baubegleitender Prozessdaten  <i>Jodehl, Annika; Salloum, Yara; König, Markus; Thewes, Markus; Ruhr-Universität Bochum</i>.....</p>	<p>387</p>
<p>Simulation-based demand forecast generation to analyze forecast accuracy and its influence on logistical performance  <i>Felberbauer, Thomas; St. Pölten UAS; Seiringer, Wolfgang; Altendorfer, Klaus; UAS Upper Austria</i> .....</p>	<p>399</p>
<p>Combining Engineering Data, Sensor Data and Artificial Intelligence for automated edge network infrastructures  <i>Hürkamp, André; Aschersleben, Franziska; Czarski, Marvin; Gellrich, Sebastian; Herrmann, Christoph; Dröder, Klaus; TU Braunschweig</i>.....</p>	<p>409</p>
<p><b>SIMULATION UND OPTIMIERUNG</b></p>	
<p>SIMULATION AND OPTIMIZATION</p>	
<p>Entwicklung einer dynamischen Routenfindung in hybriden Mensch-Roboter-Kommissioniersystemen  <i>Kauke, Dirk; Rett, Angelika; Fottner, Johannes; TU München</i> .....</p>	<p>421</p>
<p>Improving Blood Supply Chain CrisisManagement by Simulation-based Optimization  <i>Horstkemper, Dennis; WWU Münster; Reuter-Oppermann, Melanie; TU Darmstadt; Middelhoff, Michael; Widera, Adam; Hellingrath, Bernd; WWU Münster</i>.....</p>	<p>433</p>

System concept for semi-automated generation of layouts for simulation models based on point clouds <i>Zeiser, Reinhard; Fraunhofer IGCV;</i> <i>Ullmann, Felix; Hörmann Rawema Engineering &amp; Consulting GmbH;</i> <i>Neuhäuser, Thomas; Fraunhofer IGCV;</i> <i>Hohmann, Andrea; Fraunhofer IGCV;</i> <i>Schilp, Johannes; Universität Augsburg</i> .....	443
Exploiting the potential of human-machine work systems: Cycle-time reduction through simulation-based analysis and optimized task allocation <i>Komenda, Titanilla; Schelle, Maximilian; Kamhuber, Felix;</i> <i>Fraunhofer Austria Research GmbH;</i> <i>Schlund, Sebastian; TU Wien</i> .....	453
Modelling of Microstructures during in-situ Alloying in Additive Manufacturing for efficient Material Qualification Processes <i>Zimbrod, Patrick; Schilp, Johannes; Universität Augsburg</i> .....	463
Simulationsbasierte Optimierung von Bestelllosgrößen in der verbrauchsgesteuerten Materialdisposition der Investitionsgüterindustrie <i>Schmid, Alexander; Fraunhofer Austria Research GmbH;</i> <i>Lielacher, Magdalena; TU Wien;</i> <i>Sobottka, Thomas; Fraunhofer Austria Research GmbH;</i> <i>Sihn, Wilfried; TU Wien</i> .....	475
Zuweisung bester Abstellplätze im LIFO-Lager unter Berücksichtigung der Kommissionierungsreihenfolge mittels genetischem Algorithmus <i>Kuhn, Dominik; Adelsbach, Jan; Bashir, Attique; Hörauf, Leenhard;</i> <i>Müller, Rainer; ZeMA gGmbH</i> .....	485
Interoperabilität realer und simulierter Produktionssysteme mittels OPC UA <i>Schmidl, Elisabeth; Wenk, Matthias; OTH Amberg-Weiden;</i> <i>Russwurm, Eva; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg</i> .....	495
<b>TRANSPORTLOGISTIK UND -SYSTEME</b>	
TRANSPORT LOGISTICS AND -SYSTEMS	
Ein unternehmensübergreifender Standard für Logistiksimulation mit grafischer Prozessmodellierung <i>Sokoll, Kristina; AUDI AG;</i> <i>von Braunschweig, Philipp; Volkswagen AG;</i> <i>Gustafsson-Ende, Linda; BMW Group;</i> <i>Hilmer, Frank; SimPlan AG</i> .....	505
A Simulation Study on Electric Last Mile Delivery with Mobile Smart Cargo Boxes <i>Davidsson, Paul; Johansson, Emil; Lorig, Fabian; Persson, Jan;</i> <i>Malmö University</i> .....	515
Entwicklung eines anwendungsorientierten Bausteinkastens zur Simulation kombinierter Transportmodelle mittels autonomer Fahrzeuge <i>Staritz, Johannes; Auf der Landwehr, Marvin; Trott, Maik;</i> <i>von Viebahn, Christoph; Hochschule Hannover</i> .....	525

Direktumschlag an der Kaikante - Eine Machbarkeitsstudie für hafeneninterne Containertransporte <i>Nellen, Nicole; Lange, Ann-Kathrin; Jahn, Carlos; TU Hamburg</i> .....	535
Simulation von kombinierter Stau- und Routenplanung in Multi-Terminal Häfen <i>Franzkeit, Janna; TU Hamburg;</i> <i>Voß, Thomas; Leuphana Universität Lüneburg;</i> <i>Pache, Hannah; TU Hamburg;</i> <i>Heger, Jens; Leuphana Universität Lüneburg;</i> <i>Jahn, Carlos; TU Hamburg</i> .....	545
Erarbeitung einer Prozesssteuerungsstrategie für zwei Transportmittel mit gemeinsamen Aktionsbereich am Beispiel eines Prozesskransystems zur Kommissionierung von Schüttgut <i>Betker, Vincent; Völker, Michael; Schmidt, Thorsten; TU Dresden</i> .....	555
<b>VERIFIKATION, VALIDIERUNG UND VIRTUELLE INBETRIEBNAHME</b>	
VERIFICATION, VALIDATION AND VIRTUAL COMMISSIONING	
Generierung realitätsnaher Testdaten für die Simulation von Produktionen <i>Krockert, Martin; Matthes, Marvin; Munkelt, Torsten;</i> <i>Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden;</i> <i>Völker, Sven; Hochschule Ulm</i> .....	565
Remote-Lernfabrik - Simulationsmodelle im Anlagenentstehungsprozess und deren Integration in die Virtuelle Inbetriebnahme <i>Massow, Benjamin Bastian; Hausberger, Thomas; Geiger, Dominique Mathäus;</i> <i>Klotz, Matthias; Die Unternehmerische Hochschule MCI;</i> <i>Schlegel, Andreas; Putz, Matthias; Fraunhofer IWU</i> .....	575
Konzept zur Integration eines kontinuierlichen Materialflussmodells in die Virtuelle Inbetriebnahme durch Signalgenerierung <i>Kienzlen, Annika; Verl, Alexander; Universität Stuttgart</i> .....	585
Virtuelle Inbetriebnahme eines Leitsystems für die roboterbasierte automatische Kommissionierung in der Automobilindustrie <i>Xie, Xinyi; Büttner, Thomas; Friedemann, Marco; Wenzel, Ken;</i> <i>Fraunhofer IWU</i> .....	595
Continuous validation and precise updating for high accuracy of digital twins of production system <i>Overbeck, Leonard; Le Louarn, Arthur; Brützel, Oliver; Stricker, Nicole; Lanza, Gisela; Karlsruher Institut für Technologie</i> .....	609
Investigation and evaluation of 3D recording methods for use cases in production planning <i>Metzner, Maximilian; Schiessel, Svenja; Siemens AG;</i> <i>Grünhöfer, Lukas; Franke, Jörg; FAU Erlangen-Nürnberg</i> .....	619
Physikalische Sensorsimulation zur Verifikation und Validierung von optischen Systemen <i>Thieling, Jörn; Roßmann, Jürgen; RWTH Aachen</i> .....	629

Entwicklung und Erprobung eines Vorgehens zur Validierung von  
Simulationsbausteinen komplexer Werkzeugmaschinen

*Tjaden, Greta; Mieth, Carina;*

*TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG..... 641*

**WIRTSCHAFTLICHKEIT DURCH SIMULATION**

ECONOMIC EFFICIENCY THROUGH SIMULATION

Simulation der Einplanung der terminkritischen Montage von Abfüllanlagen am  
Beispiel der Krones AG

*Herrmann, Frank; OTH Regensburg;*

*Savasci, Faruk; KRONES AG ..... 653*

Notations in the simulation development: A state-of-the-art Literature Research

*Trott, Maik; Auf der Landwehr, Marvin; von Viebahn, Christoph;*

*Hochschule Hannover ..... 663*