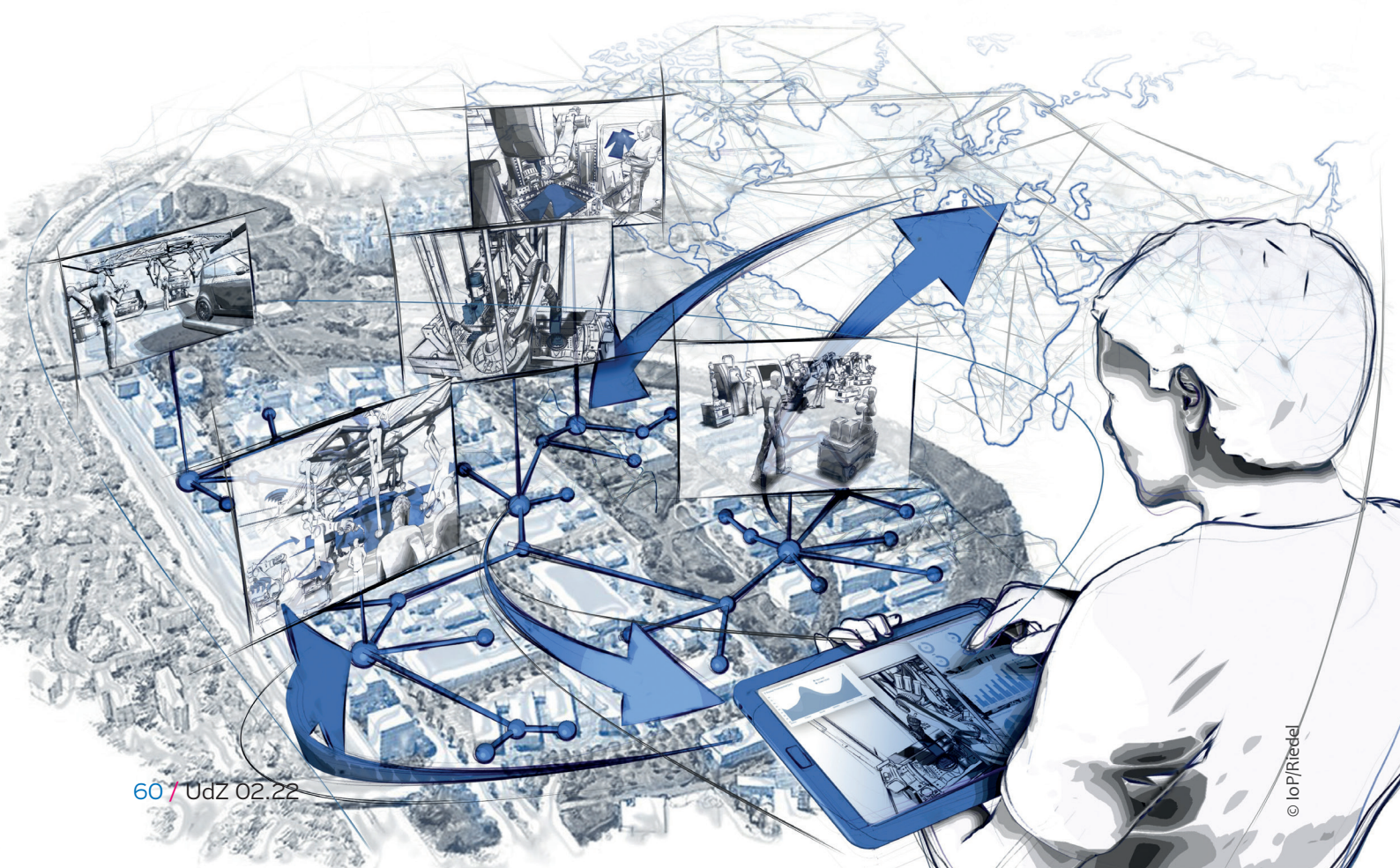


CoE IoP:

Nachhaltige Konfiguration der Parameter der Produktionsplanung

CoE IoP:

Sustainable Configuration of Production Planning Parameters



Unternehmen stehen vor der Herausforderung, zukünftig neben ökonomischen Zielen auch ökologische Ziele zu erreichen. Allerdings ist die Integration ökologischer Kriterien in Entscheidungen für viele Unternehmen komplex, sodass es einer adäquaten Entscheidungsunterstützung bedarf. Im Rahmen des Exzellenzclusters „Internet of Production“ der *RWTH Aachen* wird daher eine Entscheidungsunterstützung entwickelt, die eine datenbasierte Konfiguration von Parametern der Produktionsplanung nach ökologischen und ökonomischen Zielgrößen ermöglicht. Dies schafft eine aufwandsarme und datenbasierte Möglichkeit zur Realisierung einer nachhaltigeren Produktion. Das Projekt wird gefördert durch die *Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)* im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC-2023 Internet of Production – 390621612. >

Increasingly, companies are faced with the challenge of achieving environmental goals in addition to economic ones. However, for many companies, the integration of environmental criteria into decision-making processes is quite complex, so that adequate decision-making support becomes necessary. As part of the “Internet of Production” *Cluster of Excellence at RWTH Aachen University*, a decision support system is being developed that enables data-based configuration of production planning parameters according to environmental and economic targets. This creates a data-based low-effort opportunity to realize more sustainable production processes. The project is funded by the *German Research Foundation (DFG)* within the Excellence Strategy of the *German federal and state governments (EXC-2023 Internet of Production – 390621612)*. >

Die aufkommende Nachfrage nach nachhaltigeren Produkten¹ in Kombination mit verstärkten ökologischen Regularien bewirkt, dass Unternehmen zukünftig verstärkt ökologische Ziele verfolgen. Daraus resultiert ein gesteigertes Bedürfnis nach Möglichkeiten zur nachhaltigen Gestaltung der Produktion. Daher wird im Rahmen des Exzellenzclusters „Internet of Production“ ein Decision-Support-System (DSS) entwickelt, das eine nachhaltige Konfiguration der Parameter der Produktionsplanung ermöglichen wird. Mittels der Anwendung des DSS werden produzierende Unternehmen befähigt, bestehende Parameter in betrieblichen Anwendungssystemen, wie z. B. Losgrößen, nach ökologischen und ökonomischen Kriterien auszulegen. Die Anpassung der Parameter der Produktionsplanung ist dabei ein vielversprechender Ansatz zur Realisierung einer nachhaltigeren Produktion. Dies liegt darin begründet, dass weder strukturelle Veränderungen der Produktion noch innerhalb unternehmensseitiger Prozesse notwendig sind. Allerdings ist die Parametrisierung der Produktionsplanung aufgrund vielfältiger Parameter mit teils wechselseitigen Einflüssen komplex, sodass ein adäquates DSS benötigt wird.

Aktuell erfolgt in der Praxis die Konfiguration der Parameter primär nach ökonomischen Zielgrößen. Die Auslegung der Parameter geschieht erfahrungsbasiert oder mittels mathema-

The increasing demand for more sustainable products in combination with stricter environmental regulations causes companies to increasingly pursue ecological goals. As a result, new ways to make production more sustainable have to be found. Against this backdrop, the “Internet of Production” Cluster of Excellence decided to develop a Decision Support System to enable a more sustainable configuration of production planning parameters. With the help of the DSS, manufacturing companies will be enabled to configure parameters in operational application systems, such as lot sizes, according to environmental and economic criteria. The adjustment of production planning parameters is a promising approach to achieve more sustainable production processes, in particular as it does not require any structural changes in production or within company processes. However, due to the wide range of parameters to be considered, some of which have a reciprocal impact on each other, a suitable, effective DSS is required.

In current practice, the parameters are largely configured to achieve economic targets. The parameters are set based on experience or by means of mathematical optimization models, whereby the latter are often integrated within existing business application systems, enabling a data-based

¹S. POPP ET AL. 2020, S. 1

¹POPP ET AL. 2020, p. 1

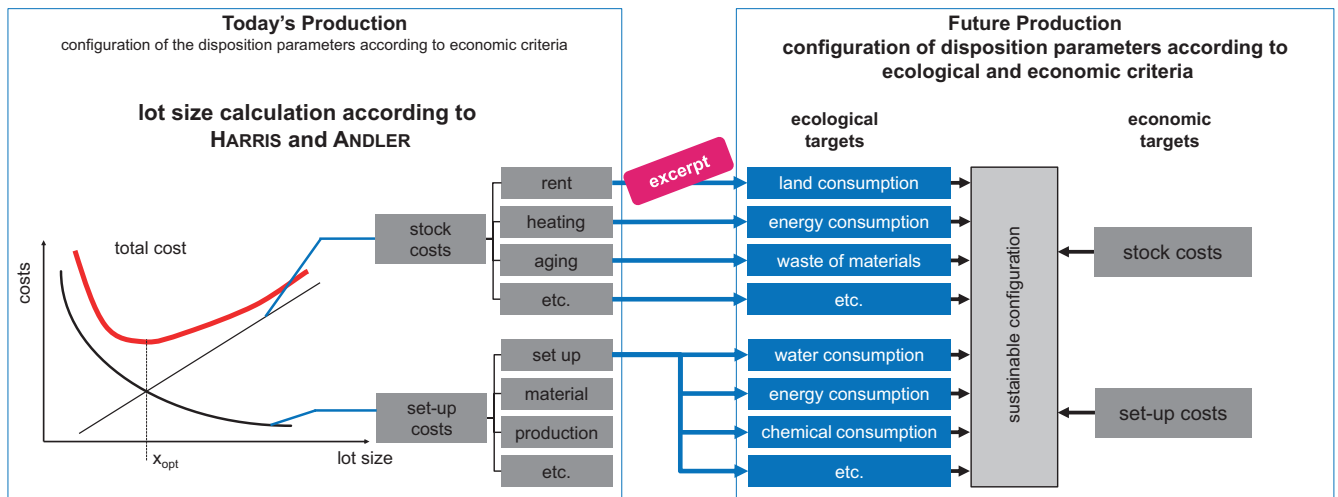


Figure 1: Comparison of economic and sustainable configuration of lot sizes (own representation)

tischer Optimierungsmodelle, wobei letztere häufig innerhalb bestehender betrieblicher Anwendungssysteme integriert sind, was eine datenbasierte Auslegung ermöglicht². Der Unterschied zwischen einer rein ökonomischen Konfiguration der Parameter, die dem Status quo entspricht, und einer nachhaltigen Konfiguration von Dispositionsparametern wird exemplarisch anhand der Losgrößenberechnung erläutert (s. Figure 1).

Ein etabliertes Optimierungsverfahren zur Bestimmung der Losgröße ist die Losgrößenberechnung nach HARRIS U. ANDLER.³ Hierbei wird der Trade-off zwischen hohen Rüstkosten bei kleinen Loses und hohen Lagerkosten bei großen Loses analysiert und eine kostenoptimale Losgröße ermittelt. Die Lagerkosten resultieren u. a. aus der Miete für die Lagerfläche, etwaigen Heiz- oder Kühlkosten und möglichem Produktverfall. Die Rüstkosten setzen sich aus den losgrößenbedingten Rüstaufwänden und losgrößenunabhängigen Material- und Produktionskosten zusammen⁴. Dies zeigt, dass die Losgröße einen direkten Einfluss auf ökologische Zielgrößen ausübt. Höhere Bestände bedingen typischerweise einen höheren Flächenbedarf, sodass eine höhere Landnutzung notwendig ist. Betrachtet man die Auswirkung auf ökologische Zielgrößen, spiegelt sich dies u. a. in Biodiversitätsverlusten wider⁵. Ein höherer Energiebedarf, z. B. resultierend aus größeren zu beheizenden oder zu kühlenden Lagern, führt je nach Energiemix zu gesteigerten CO₂-Emissionen, die den Treibhauseffekt verstärken. Je nach Industrie, z. B. in der Kosmetik- und Lebensmittelbranche, werden intensive Reinigungsprozesse zwischen der Produktion verschiedener Produkte benötigt. Eine geringere Losgröße bewirkt demzufolge einen höheren Wasserverbrauch und höheren Chemika-

konfiguration. The difference between a purely economic configuration of the parameters, which corresponds to the status quo, and a sustainable configuration of MRP parameters is exemplified by the calculation of lot size (see Fig. 1).

An established optimization method for determining the lot size is the lot sizing method according to HARRIS AND ANDLER. Here, the trade-off between high setup costs for small lots and high storage costs for large lots is analyzed and a cost-optimal lot size is determined. The storage costs result, among other factors, from the rent for the storage space, heating or cooling costs, and possible product deterioration. The setup costs consist of the lot size-dependent setup expenses and lot size-independent material and production costs. This demonstrates that lot size has a direct impact on environmental targets. Higher inventories typically require more land, resulting in increased land use. Looking at the impact on ecological target variables, this is reflected in biodiversity losses, among other things. Depending on the energy mix, a higher energy demand, e.g. resulting from larger warehouses to be heated or cooled, leads to increased CO₂ emissions, which in turn increase the greenhouse effect. Depending on the industry, e.g. in the cosmetics and food industries, intensive cleaning processes are required when switching production from one product to another. Consequently, smaller batch sizes result in higher water consumption and increased use of chemicals, affecting the environmental indicators of water resource scarcity and ecotoxicity. This example

² s. DICKERSBACH 2014, S. 239

³ s. HARRIS U. ANDLER 1990, S. 947 – 950

⁴ s. STICH ET AL. 2013, S. 104 – 106

⁵ s. FRITSCHKNECHT 2022, S. 109 – 121

² DICKERSBACH 2014, P. 239

³ HARRIS U. ANDLER 1990, PP. 947 – 950

⁴ STICH ET AL. 2013, PP. 104 – 106

⁵ FRITSCHKNECHT 2022, PP. 109 – 121

lieneinsatz, was sich in den Umweltindikatoren der Knappheit von Wasserressourcen und der Ökotoxizität niederschlägt⁶. Dieses Beispiel zeigt, dass Parameter der Produktionsplanung einen Einfluss auf diverse ökologische Zielgrößen besitzen. Um zukünftig eine nachhaltige Konfiguration der Parameter der Produktionsplanung zu ermöglichen, müssen daher vielfältige, teils gegensätzlich wirkende Einflussfaktoren innerhalb der Auslegung der Parameter berücksichtigt werden. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Losgröße nur ein exemplarischer Parameter der Produktionsplanung ist und vielseitige Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Parametern der Produktionsplanung existieren⁷.

Versucht man allerdings, bestehende Optimierungsverfahren in IT-Systemen um ökologische Zielgrößen zu ergänzen, sieht man sich der Herausforderung gegenüber, dass die notwendigen Daten bzw. Informationen in verschiedenen betrieblichen Informationssystemen verortet sind. Die zu konfigurierenden Dispositionsparameter sind typischerweise Parameter, die in Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP) vorliegen⁸. Weitere notwendige Informationen können dabei in unterschiedlichen Informationssystemen vorhanden sein. Energiebezogene Daten bzw. Informationen sind häufig in Manufacturing-Execution-Systemen (MES) verortet, da das Energiemanagement eines der typischen Module eines MES ist⁹. Zusätzlich notwendige Daten, z. B. hinsichtlich des Wasserverbrauchs, können durch Maschinendatenerfassungssysteme (MDE) aufgezeichnet werden. Für eine ganzheitliche datenbasierte Konfiguration der Parameter bedarf es daher einer Vernetzung und Aggregation der verschiedenen Informationssysteme.

Die Ableitung datenbasierter Entscheidungen, basierend auf der Vernetzung und Aggregation von Daten aus ver-

shows that production planning parameters have an impact on various environmental target variables. Therefore, in order to enable a sustainable configuration of production planning parameters, a variety of influencing factors, some of which have conflicting effects, must be taken into account when setting the parameters. In addition, it must be taken into account that lot size is only one parameter in production planning, and that multiple interactions exist between the various production planning parameters.

However, when seeking to add ecological target parameters to existing optimization procedures in IT systems, a major challenge is that the necessary data or information are located in different business information systems. The scheduling parameters to be configured are typically provided by enterprise resource planning (ERP) systems. Other necessary information may be present in other information systems. Energy-related data or information is often available via manufacturing execution systems (MES), as energy management is one of the typical modules of an MES. Data that is required in addition, e.g. regarding water consumption, can be captured by machine data acquisition systems (MDA). For this reason, a holistic, data-based configuration of the parameters requires networking and aggregation of the various information systems.

The objective of the reference architecture of the "Internet of Production" is to enable the derivation of data-based decisions, based on the networking and aggregation of data from various proprietary business application systems. This reference architecture consists of the four horizontal layers of the application software, the Middleware+, the smart data layer, and the smart expert layer, and it can be used

⁶ s. ebda, a. a. O.

⁷ s. DITTRICH 2009, S. 14

⁸ s. ebda., a. a. O.

⁹ s. VDI 2016, S. 30

⁶ ibid

⁷ DITTRICH 2009, p. 14

⁸ ibid

⁹ VDI 2016, p. 30



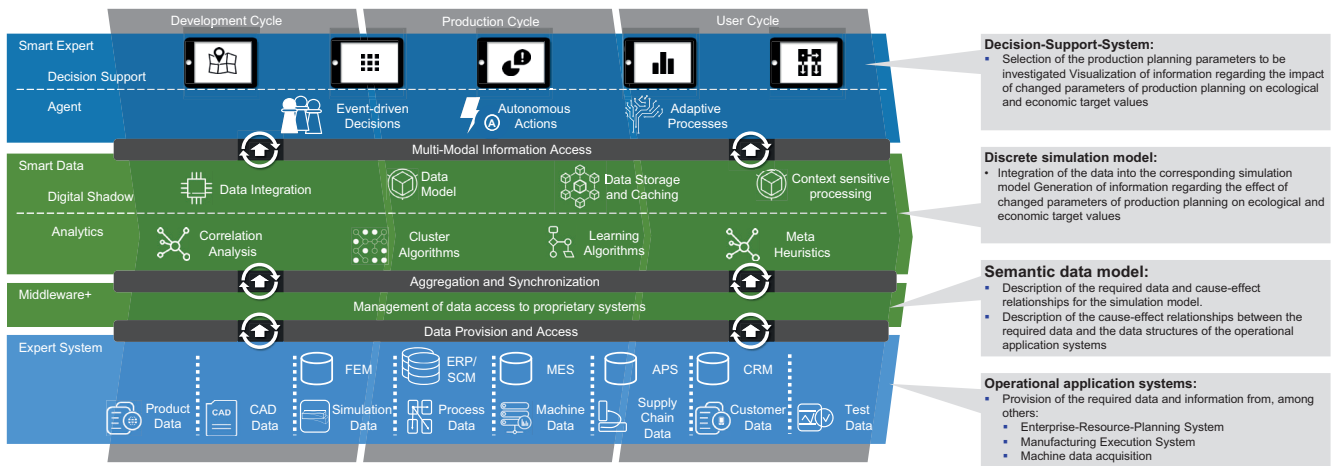


Figure 2: Structuring of the DSS for the sustainable configuration of production planning parameters in the "Internet of Production" (own representation, based on SCHUH 2020, p. 469).

schiedenen proprietären betrieblichen Anwendungssystemen, entspricht der Zielsetzung der Referenzarchitektur des „Internet of Production“. Diese Referenzarchitektur besteht aus den vier horizontalen Schichten der Applikationssoftware, der Middleware+, der Smart-Data-Schicht und der Smart-Expert-Schicht¹⁰, und kann zur Strukturierung des DSS zur nachhaltigen Konfiguration der Parameter der Produktionsplanung verwendet werden (s. Figure 2).

Dem Anwender des DSS wird es ermöglicht, die Auswirkungen von veränderten Parametern auf ökologische und ökonomische Zielgrößen der Produktion zu analysieren, um so Entscheidungen über die Auslegung der Parameter treffen zu können. Diese datenbasierte Entscheidungsunterstützung wird mittels eines diskreten Simulationsmodells realisiert, das die Kernkomponente der Smart-Data-Schicht bildet. Ziel der Smart-Data-Schicht ist die Bereitstellung der Informationen über die Auswirkung variiert Parameter der Produktionsplanung auf ökonomische und insbesondere ökologische Zielgrößen der Produktion. Das Simulationsmodell ist dabei unternehmensspezifisch modelliert und stellt eine Abstraktion des realen Produktionssystems dar. Die Individualität des Simulationsmodells wird durch eine unternehmensspezifische Verknüpfung generischer Prozesselemente hergestellt. Die Ausprägung der Eigenschaften einzelner Prozesselemente, wie z. B. der Energieverbrauch eines Produktionsprozesses, resultiert aus den Daten der proprietären Anwendungssysteme. Die Verknüpfung und Aggregation der benötigten Daten des Simulationsmodells erfolgen innerhalb der Middleware+-Schicht. Dort werden Informationen und Daten aus den monolithischen Informationssystemen verknüpft und aggregiert, um eine domänenübergreifende Entscheidungsunterstützung zu ermöglichen¹¹. Dies erfolgt im Kontext des DSS

to structure the DSS to obtain a sustainability-optimized configuration of production planning parameters (see Figure 2).

The user of the DSS is empowered to analyze the impact of changed parameters on environmental and economic targets in production in order to make decisions about the configuration of the parameters. This data-based decision support is realized by means of a discrete simulation model, which is the core component of the smart data layer. The aim of the smart data layer is to provide information about the impact of variations in production planning parameters on economic and, in particular, environmental production targets. The simulation model is designed specifically for the company and represents an abstraction of the real-world production system. The uniqueness of the simulation model is created by a company-specific interlinkage of generic process elements. The characteristics of the individual process elements, such as the energy consumption of a production process, result from the data of the proprietary application systems. The linkage and aggregation of the required data of the simulation model takes place within the Middleware+ layer, where information and data from the monolithic information systems are linked and aggregated to enable cross-domain decision support. This is done in the context of the DSS for a sustainable configuration of production planning parameters through a semantic data model. The data model describes the necessary information from the proprietary information systems and its interaction with the modular process elements of the simulation model. The lowest level of the DSS is the layer of expert systems, where data and information from various information

¹⁰ s. PENNEKAMP 2019, S. 36, SCHUH 2020, S. 469, BRAUNER 2020, S. 4

¹¹ s. ebd., a. a. O.

¹⁰ PENNEKAMP 2019, p. 36, SCHUH 2020, p. 469, BRAUNER 2020, p. 4

¹¹ ibid

zur nachhaltigen Konfiguration von Parametern der Produktionsplanung durch ein semantisches Datenmodell. Das Datenmodell beschreibt die notwendigen Informationen aus den proprietären Informationssystemen und deren Wirkungsbeziehungen zu den modularen Prozesselementen des Simulationsmodells. Die unterste Ebene des DSS bildet die Schicht der Expertensysteme, wobei zur Realisierung der ökonomischen und ökologischen Konfiguration der Parameter Daten und Informationen aus diversen Informationssystemen (u. a. ERP, MES und MDE) erforderlich sind.

Die Entwicklung des DSS erfolgt zusammen mit Vertreter:innen aus der Industrie, da dies einen schnellen Transfer der Ergebnisse des Forschungsvorhabens in die Praxis ermöglicht.

pu

Literatur:

BRAUNER, P.; BRILLOWSKI, F.; DAMMERS, H.; KÖNIGS, P.; KORDTOMEIKEL, F.; PETRUCK, H.; SCHAAR, A. K.; SCHMITZ, S.; STEUER-DANKERT, L.; MERTENS, A.; GRIES, T.; LEICHT-SCHOLTEN, C.; NAGEL, S.; NITSCH, V.; SCHUH, G.; ZIEFLE, M.: A Research Framework for Human Aspects in the Internet of Production – An Intracompany Perspective. In: Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. Hrsg.: B. Mrugalska; S. Trzcielinski; W. Karwowski; M. Di Nicolantonio; E. Rossi. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham [u. a.] 2020, S. 3 – 17.

DICKERSBACH, D.; KELLER, G.: Produktionsplanung und -steuerung mit SAP ERP. Galileo Press, Bonn 2014.

DITTRICH, J.; MERTENS, P.; HAU, M.; HUFGARD, A.: Dispositionsparameter in der Produktionsplanung mit SAP. Vieweg Teuber, 2009.

FRISCHKNECHT, R.: Lehrbuch der Ökobilanzierung, Springer, 2020.

HARRIS, F. W.: How Many Parts to Make at Once. Operations Research 38 (1990) 6, S. 947 – 950. Reprinted from Factory – The Magazine of Management 10 (1913) 2, S. 135 – 136, 152.

KURBEL, K.: Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie: Von MRP bis Industrie 4.0. De Gruyter Oldenbourg, 2016.

systems (including ERP, MES and MDA) are required to realize the economic and ecological configuration of the parameters.

The development of the DSS is carried out together with representatives from industry, as this enables a quick transfer of the research results into practice.

pu

PENNEKAMP, J.; GLEBKE, R.; HENZE, M.; MEISEN, T.; QUIX, C.; HAI, R.; GLEIM, L.; NIEMIETZ, P.; RUDACK, M.; KNAPE, S.; EPPLE, A.; TRAUTH, D.; VROOMEN, U.; BERGS, T.; BRECHER, C.; BUHRIG-POLACZEK, A.; JARKE, M.; WEHRLE, K.: Towards an Infrastructure Enabling the Internet of Production. In: 2019 IEEE International Conference on Industrial Cyber Physical Systems (ICPS). Hrsg.: R. Luo. IEEE, 2019, S. 31 – 37.

POPP, B.; KLEIN, P.: Studie zu den Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf die Nachhaltigkeit im stationären Handel und im E-Commerce aus Konsumentensicht. Hrsg.: Institut für Handel & Internationales Marketing der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 2020, S. 1 – 2.

SCHUH, G.; RIESENER, M.; PROTE, J.-P.; DÖLLE, C.; MOLITOR, M.; SCHLOESSER, S.; LIU, Y.; TRITTEL, J.: Industrie 4.0: Agile Entwicklung und Produktion im Internet of Production. In: Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft. Hrsg.: W. Frenz. Springer, Berlin [u. a.] 2020, S. 467 – 488.

STICH, V.; HERING, N.; BROSE, T.: Beschaffungslogistik. In: Logistikmanagement. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 6. Hrsg.: G. Schuh; V. Stich. Springer, Heidelberg [u. a.] 2013, S. 77 – 113.

VDI-RICHTLINIE 5600-1: Fertigungsmanagementsysteme. ICS: 35.240.50. Verein Deutscher Ingenieure e. V.; Düsseldorf, 2015.

In order to ensure the applicability of the results for companies from different sectors, we are looking for further representatives from industry who are interested in gaining knowledge and insights into the sustainable design of their production planning.

If you have any questions, please do not hesitate to contact the author.

Project Title: CoE IoP

Funding/Promoters: Federal Ministry for Digital and Transport (BMDV)

Funding no.: WS CRD B3 (I & II)

Project Partner: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Website: coe-iop.fir.de & coe-iop-en.fir.de



Martin Perau, M.Sc.
Project Manager
Department Production Management
FIR e. V. at RWTH Aachen University
Phone: +49 241 47705-416
Email: Martin.Perau@fir.rwth-aachen.de

